

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук

ТЕХНОЛОГИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВ

*Рекомендовано
учебно-методическим объединением
по химико-технологическому образованию
учреждений высшего образования в качестве
учебно-методического пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ,
материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 03
«Технология лакокрасочных материалов»*

Минск 2011

УДК 667.6(075.8)
ББК 35.74я73
М24

Рецензенты:

кафедра химической технологии высокомолекулярных соединений Могилевского государственного университета продовольствия (кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой *Л. А. Щербина*);
доктор химических наук, заведующий лабораторией лакокрасочных и вяжущих материалов государственного научного учреждения «Институт общей и неорганической химии» НАН Беларуси *В. Д. Кошевар*

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или ее части не может быть осуществлено без разрешения учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Мануленко, А. Ф.

М24 Технология лакокрасочных материалов и покрытий. Проектирование производств : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 03 «Технология лакокрасочных материалов» / А. Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук. – Минск : БГТУ, 2011. – 114 с. ISBN 978-985-530-112-8.

В учебно-методическом пособии приведены методы организации, основные технические требования и нормы проектирования современных лакокрасочных производств, рассмотрены методики расчета норм расхода сырья и материалов.

Предназначено для студентов специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации «Технология лакокрасочных материалов», а также может быть использовано обучающимися других специальностей.

**УДК 667.6(075.8)
ББК 35.74я73**

ISBN 978-985-530-112-8 © УО «Белорусский государственный технологический университет», 2011
© Мануленко А. Ф., Прокопчук Н. Р., 2011

ПРЕДИСЛОВИЕ

Нормы технического проектирования современных лакокрасочных производств применяются при выполнении курсовых и дипломных проектов в процессе проектирования участков и цехов лакокрасочных предприятий, а также их реконструкции и охватывают следующие производства:

- лакокрасочных материалов;
- получения покрытий (окрасочное производство).

Учебно-методическое пособие включает в себя следующие разделы:

1. Типы производств.
2. Классификация производств (приводятся классификации по принципу организации производств и серийности).
3. Режимы работы производств и фонды времени (включает данные о фонде времени рабочих, нормативную численность основных и вспомогательных рабочих, инженерно-технических работников и служащих; приведены фонды времени работы оборудования).
4. Нормы размещения основного технологического оборудования.
5. Нормы расхода сырья, основных и вспомогательных материалов, воды, электроэнергии, воздуха.
6. Требования к параметрам сырья, энергоресурсов (вода, электроэнергия, сжатый воздух).
7. Категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности, классы зон; нормы выброса вредных веществ и тепловыделений.

При проектировании современных лакокрасочных производств кроме положений настоящих норм следует учитывать требования соответствующих государственных стандартов, санитарных норм безопасности, строительных норм и правил и других нормативно-правовых документов.

Сбор исходных данных для проектирования, технологических и инженерных расчетов осуществляется студентами во время прохождения технологической и преддипломной практик.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование современных лакокрасочных производств предполагает решение комплекса организационных и технических вопросов.

Особые требования к месторасположению и строительным конструкциям помещений различных типов производств оказывают существенное влияние на архитектурно-строительные решения отдельных зданий, связанных с производством, и на их взаимное расположение на генеральном плане предприятия.

При проектировании большое внимание должно быть уделено вопросам организации работ, в значительной мере определяющим технико-экономическую эффективность работы лакокрасочных производств. Выбор метода организации производства лакокрасочных материалов или выполнения окрасочных работ, технологической последовательности отдельных этапов окрашивания, полная увязка технологии окрашивания с технологией подготовки поверхности деталей и сборки их в готовое изделие должны быть тщательно продуманы, прежде чем приступить к решению чисто технических задач.

Повышенные требования к качеству лакокрасочной продукции и внешней отделке изделий усложнили технологии производства лакокрасочных материалов и окрашивания, потребовали разработки и внедрения в производство новых материалов, высокопроизводительного технологического и транспортного оборудования.

Применение механизированных способов окрашивания, искусственной сушки, использование производительного автоматизированного оборудования с высокой степенью потребления электроэнергии, пара и сжатого воздуха повысили пожарную опасность окрасочных цехов и потребовали выделения их в совершенно обособленные огнестойкие помещения или в отдельные здания.

На крупных предприятиях с массовым выпуском высококачественно окрашиваемых изделий часто окрасочные работы приходится размещать на нескольких территориально обособленных площадках. В таких условиях очень важно правильно разместить окрасочные участки в пространстве, координируя их работу с общим технологическим потоком производства и единой комплексной технологией окрашивания изделия.

1. ТИПЫ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Лакокрасочная промышленность объединяет два основных направления: производство лакокрасочных материалов и получение покрытий (окрасочное производство).

Производство лакокрасочных материалов включает в себя:

1) производство синтетических смол. Цехи и участки этого производства осуществляют синтез пленкообразующих веществ и различных модифицирующих добавок;

2) производство лаков. Осуществляет изготовление лаков на основе полимеризационных и поликонденсационных смол, а также лаков на нитроцеллюлозной основе;

3) производство грунтовок и эмалей на поликонденсационных смолах. Изготавливает всю номенклатуру и широкий ассортимент продукции на конденсационных смолах;

4) производство эмалей и грунтовок на полимеризационных смолах. Выпускает весь ассортимент лакокрасочных материалов на полимеризационных смолах;

5) производство водно-дисперсионных материалов. Осуществляет выпуск водно-дисперсионных лакокрасочных материалов в полном ассортименте;

6) производство порошковых красок. Осуществляет изготовление порошковых лакокрасочных материалов.

Окрасочные цехи и участки целесообразно размещать в непосредственной близости к складу готовых изделий или к сборочным цехам, откуда поступают изделия для окрашивания. Из-за большого ассортимента деталей, узлов и агрегатов технологический цикл окрашивания делится на следующие производства:

1) окрашивание единичных изделий и комплектующих деталей. Цехи и участки выполняют полный цикл окрасочных работ от подготовки поверхности до получения готового покрытия;

2) окрашивание сборочных единиц. Цехи и участки осуществляют весь комплекс работ по окрашиванию готовых узлов и сборочных единиц перед их установкой на изделие;

3) окрашивание готовых крупных изделий мелкосерийного, серийного и массового производства. Цехи выполняют цикл окрасочных работ по окончательному окрашиванию собранных и укомплектованных готовых изделий.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ

Классифицировать лакокрасочные производства можно по:

- принципу организации производства (специализированные предприятия, структурные подразделения специализированных предприятий (цех, участок), структурные подразделения предприятий другого профиля);
- мощности производства (табл. 1);
- серийности (единичное, мелкосерийное, крупносерийное и массовое).

Таблица 1

Мощность производства

Класс производства	Годовой объем производства	
	окрасочное производство, м ²	производство лакокрасочных материалов, т
I	До 100	До 1000
II	101–500	1001–3000
III	501–1000	3001–10000
IV	1001–3000	10001–20000
V	Свыше 3000	Свыше 20000

Основные характеристики серийности производства представлены в табл. 2.

Таблица 2

Основные характеристики серийности производства

Характеризуемый объект	Тип производства		
	единичное и мелкосерийное	серийное	крупносерийное и массовое
1	2	3	4
Номенклатура	Разнообразная. Изделия, выпускаемые небольшими партиями; на протяжении года их выпуск повторяется через нерегулируемые промежутки времени	Установившаяся. Ограниченное число типов изделий, изготавливаемых партиями регулярно через определенные промежутки времени	Установившаяся. Включает одно или несколько изделий, выпускаемых в больших количествах на протяжении всего года

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Технологический процесс	Уплотненный. Операции по изготовлению, обработке, упаковке изделий выполняются на одном рабочем месте	Дифференцированный. Операции технологического процесса выполняются на специализированных участках	Дифференцированный. Операции технологического процесса выполняются на специализированных участках
Режим работы оборудования	Полуавтоматический, автоматический	Полуавтоматический, автоматический	Автоматический
Закрепление номенклатуры	Отсутствует	За каждой единицей оборудования закреплено одно или несколько изделий	За каждой единицей оборудования закреплено одно изделие; изготовление изделий на автоматических линиях

3. РЕЖИМ РАБОТЫ И ФОНДЫ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

Режим работы цеха должен соответствовать режиму работы тех производственных цехов и отделений предприятия, которые поставляют ему полуфабрикаты, промежуточную продукцию, изделия и сборочные единицы на окрашивание. На крупных предприятиях, где отделения и участки входят в состав других производств, а окрашивание производится в окрасочных отделениях, входящих в состав механического или сборочного цехов, режим работы этих отделений и участков обычно соответствует режиму работы основных производств.

Лакокрасочные производства в зависимости от типа и характера ведения технологического процесса могут иметь непрерывный или прерывный режим работы (табл. 3).

Таблица 3

Режимы работы производств

Исходные данные	Производство лакокрасочных материалов		Окрасочное производство
	Непрерывный	Прерывный	Прерывный
Режим работы	Непрерывный	Прерывный	Прерывный
Количество смен	3	3	2
Продолжительность смены, ч	8	8; 7	8
Продолжительность рабочей недели, ч	41	41	41
Количество календарных дней	365	365	365
Количество рабочих дней в году	357	271	253; 260
Количество праздничных дней в году	9	9	9
Количество сокращенных дней в году	6	6	6

Примечания: 1. Количество смен в сутки, продолжительность рабочей смены устанавливаются в зависимости от принятого графика работы.

2. Для цеховых и заводских складов сырья и готовой продукции следует принимать режим работы, соответствующий основному производству.

3. Прерывный двухсменный режим работы предусматривается только для отдельных производств.

Производство различных лакокрасочных материалов в зависимости от вида и объема выпускаемой продукции обычно имеет непрерывный или периодический режим работы.

Для окрасочного производства целесообразно использовать другой режим работы с применением непрерывно-поточного, прерывно-поточного и непоточного методов.

При проектировании производств для определения численности рабочих применяют действительный (расчетный) фонд времени, выражающий время, которое может быть полностью использовано для загрузки рабочих производственной работой. Определяя действительный фонд времени, учитывают потерю рабочего времени по причине отпусков, болезней и т. п.

Затраты времени на невыходы, в процентах от номинального фонда, и действительные фонды времени рабочих представлены в табл. 4.

Таблица 4

Фонды времени рабочих

Продолжительность рабочей недели, ч	Продолжительность отпуска, дни	Номинальный годовой фонд времени рабочих, ч	Потери от номинального фонда				Действительный годовой фонд времени, ч	Коэффициент определения списочного состава
			всего		в том числе			
			%	ч	%	ч		
41	15	2070	0	207	5,0	103	1860	1,11
41	18	2070	11	228	5,9	123	1840	1,12
41	24	2070	12	248	7,9	164	1820	1,14

Примечание. Номинальный годовой фонд времени рабочих является одинаковым независимо от принятого графика работы и равен для производств с 41-часовой рабочей неделей 2070.

Графики работы на производствах с непрерывным технологическим процессом при 41-часовой неделе представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Графики работы на производствах
с непрерывным технологическим процессом**

График	Число смен в сутки	Продолжительность смены, ч-мин	Число рабочих дней		Число дней отдыха		Число праздничных дней в году
			в неделю	в году	в неделю	в году	
1	2	8.12 8.15 8.20 8.30	5	253	2	104	9
2	2	8.00	5	260	2	97	9
3	3	8.00 (утренняя)	6	27	2	86	9

Графики работы на производствах с прерывным технологическим процессом при пятидневной 41-часовой неделе и сменной работе представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Графики работы на производствах
с прерывным технологическим процессом**

График	Продолжительность рабочей недели, ч	Продолжительность смены по дням недели, ч-мин							Продолжительность ежесуточного отдыха, ч-мин
		Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб	Вс	
1	41	8.12	8.12	8.12	8.12	8.12	–	–	15.48
2		8.15	8.15	8.15	8.15	8.00	–	–	15.45–16.00
3		8.20	8.20	8.20	8.20	7.40	–	–	15.40–16.20
4		8.30	8.30	8.30	8.30	7.00	–	–	15.30–17.00

Продолжительность рабочей смены для отдельных категорий окрасочных работ устанавливается в соответствии с действующим законодательством.

Годовой фонд времени рабочих, рабочих мест и оборудования при 306 рабочих днях в году по различным категориям работы принимается согласно данным табл. 7.

Таблица 7

Годовой фонд времени

Количество часов работы в смену	Годовой фонд времени рабочего персонала			Годовой фонд времени рабочих мест, ч			Потери времени на ремонт, %			Годовой фонд времени работы оборудования, ч		
	отпуск, дни	потери от календарного фонда времени, %	годовой фонд времени, ч	при одной смене	при двух сменах	при трех сменах	при одной смене	при двух сменах	при трех сменах	при одной смене	при двух сменах	при трех сменах
8	18	8	2252	2448	4896	7044	3,5	4,5	6	2362	4675	6622
8	24	12	2174	2448	4896	7044	3,5	4,5	6	2362	4675	6622
6	24	12	1616	1836	3672	5508	3,5	4,5	6	1772	3507	5178

Функциональное разделение труда по категориям работающих в основных производствах приведено в табл. 8.

Таблица 8

Функциональное разделение труда

Категория работающих	Тип производства		
	единичное и мелкосерийное	серийное	крупносерийное, массовое
	Состав работающих, %		
Общая численность	100	100	100
Основные производственные рабочие	66–72	62–66	58–62
Вспомогательные рабочие	23–27	27–30	30–32
Инженерно-технические работники и служащие	5–7	7–8	8–10

Примечание. В состав вспомогательных рабочих включены рабочие общезаводских служб, выполняющие функции наладки и технического обслуживания оборудования, контрольно-измерительных приборов и автоматики, электрооборудования, а также контроля качества сырья и готовой продукции.

3.1. Нормативная численность основных и вспомогательных рабочих

Определение численности основных рабочих исходя из трудоемкости изготовления продукции следует производить по формуле:

$$\text{Ч} = \frac{T_{\text{и}} K_{\text{сп}}}{f}, \quad (1)$$

где $T_{\text{и}}$ – трудоемкость изготавливаемой продукции (т, м², шт.), чел.-ч/г.; $K_{\text{сп}}$ – коэффициент приведения явочной численности к списочной (табл. 4); f – действительный (расчетный) фонд времени рабочего, ч/г. (табл. 4).

При отсутствии данных по трудоемкости определение численности основных рабочих должно производиться по нормам обслуживания оборудования.

Расчет по нормативам численности рабочих данной профессии (явочный состав) производится по формуле:

$$\text{Ч} = \frac{P}{B}, \quad (2)$$

где P – плановый объем работ, т, м², шт.; B – норматив на одного рабочего (в тех же единицах, что и плановый объем работ).

При определении численности уборщиков производственных помещений плановый объем работ следует принимать равным 40% геометрической площади пола.

Составление штатов производств следует осуществлять, руководствуясь принципом централизации общезаводских служб, таких как ремонт и техническое обслуживание оборудования, тепловых и электроустановок, контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, коммуникаций и пр., контроль качества сырья и готовой продукции, складские и транспортные, административно-хозяйственные службы.

Расчет норм обслуживания одним рабочим (N_o , в единицах оборудования) производится по формуле:

$$N_o = \frac{T_{\text{см}} - T_{\text{отд}}}{T_{\text{за}}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (3)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин; $T_{отд}$ – время на отдых и личные надобности, нормируемое на смену, мин (табл. 9); $T_{за}$ – время занятости рабочего на работах по обслуживанию одного агрегата в течение смены, включая переходы и время обслуживания рабочего места, мин; K_d – коэффициент, учитывающий микропаузы в работе и возможные отклонения фактического времени занятости от его средних значений, включенных в формулу, $K_d = 0,90–0,95$.

Таблица 9

Время на отдых и личные надобности

Продолжительность смены, мин	Классификация затрат времени, мин				
	время на прием и сдачу смены	время на обслуживание рабочего места	время на переходы, нормируемые на смену	время на отдых и личные надобности	время оперативной работы в смену
480	15	15	10	20	420

3.2. Расчет количества рабочих мест и оборудования (на примере окрасочного производства)

Основанием для определения количества рабочих мест и оборудования служит разработанный технологический процесс окрашивания, в котором установлены нормы трудозатрат по каждой операции и технологические режимы работы оборудования.

Имея данные по трудозатратам на каждую операцию по каждой разновидности технологического процесса и зная годовой выпуск окрашенных изделий, можно определить годовой объем работ по каждой операции. Подсчеты ведутся отдельно по каждому территориально обособленному окрасочному участку или отделению.

Для удобства подсчетов все данные по трудозатратам на отдельные операции по каждой разновидности технологического процесса сводятся в общую ведомость по нижеприведенной форме (табл. 10).

Ведомость трудозатрат по отдельным операциям

№ п/п	Наименование операции	Кратность операции по видам окраски				Методы выполнения операции	Применяемое оборудование	Применяемая аппаратура	Применяемые материалы	Оптимальный режим сушки		Рабочая сила	
		защит- ная		защитно- декора- тивная						температура, °С	длительность, ч	профессия	разряд
		однослойная	многослойная	обычная	высоко- качественная								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Очистка поверхности от ржавчины и окалины	1	1	1	1	Механический, термический	Пескоструйные, вытяжные камеры	Пескоструйные аппараты, огневая щетка	Песок, дробь, наждачная бумага	–	–	Мойщик	III
2	Обезжиривание поверхности	1	1	1	1	Обтирание, окунание, облив	Ванны, струйные камеры	–	Щелочь, растворители	–	–	Мойщик	III
3	Фосфатирование поверхности (при необходимости)	–	1	–	1	–	Ванны, струйные камеры	–	Фосфаты	–	–	Мойщик	III

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	Грунтование	1	1	1	1	Распыление	Камеры распыления	Краскораспылители	Грунтовки	20 100–110	18–24 0,6–1,5	Маляр	III
5	Шпатлевание	–	–	1	2	Ручной	–	–	Шпатлевка	20 100–110	18–24 1,0–1,5	Маляр	IV
6	Шлифование	–	–	1–2	4–5	Механический, ручной	Вытяжные камеры	Шлифовальные аппараты	Водостойкая наждачная бумага	–	–	Маляр-шлифовщик	III
7	Грунтование по шпатлевке	–	–	1	1	Распыление	Камеры распыления	Краскораспылители	Грунтовки	20 100–110	18–24 0,6–1,5	Маляр	IV
8	Окрашивание	1	1	1	1	Распыление	Камеры распыления	Краскораспылители	Краски и эмали	20 100–110	18–24 1–2	Маляр	IV
9	Лакирование	1	1	1	1	Распыление	Камеры распыления	Краскораспылители	Лаки	20 100–110	18–24 1–2	Маляр	V
10	Шлифование пастами	–	–	1	1	Механический, ручной	–	Шлифовальные аппараты	Шлифовальные пасты	–	–	Маляр	V
11	Полирование пастами	–	–	1	1	Механический, ручной	–	Полировальные аппараты	Полировальные пасты	–	–	Маляр	V

Примечание. Количество рабочих мест соответствует числу операций технологического процесса.

Ведомость годового объема работ по разновидностям технологического процесса и по видам операций представлена в табл. 11.

Таблица 11

Ведомость годового объема работ

№ п/п	Наименование операции	Трудозатраты по отдельным технологическим процессам						Трудо- затраты на годовую программу, чел.-ч
		по карте № 1		по карте № 2		по карте № 3		
		на одно изделие	на годовую программу	на одно изделие	на годовую программу	на одно изделие	на годовую программу	
1	Подготовка поверхности							
2	Фосфатирование							
3	Грунтование							
4	Окрашивание							
5	Сушка и т. д.							

Примечание. Заполняется на основании материалов технологической или пред-дипломной практики.

Имея сводные данные по трудозатратам на годовую программу, можно определить потребное количество рабочих мест и оборудования.

Подсчеты удобнее производить по принципу, показанному в табл. 12 и 13.

Приведенный в табл. 12 способ определения количества оборудования применим лишь к тем его разновидностям, работа которых производится при участии рабочего персонала.

Ведомость расчета специализированных постов, рабочих мест, оборудования и производственной площади (при поточной организации работ) приведена в табл. 13.

Расчет количества оборудования, работа которого протекает при определенном технологическом режиме, обусловленном временем, и не требует трудозатрат, составляется по форме табл. 14.

Таблица 12

Количество рабочих мест и оборудования

№ ра- бочего места	Наименование операции техно- логического процесса окрашивания	Годовой объем работ, чел.-ч	Годовой фонд времени, ч	Количество рабочих мест			Оборудование рабочего места			Производственная площадь по нормативам, м ²	
				расчетное	принятое	% загрузки	наименование оборудования	габарит- ные раз- меры, см	коли- чество	на единицу оборудования	всего
1	Подготовка поверх- ности	A ₁	B ₁	A ₁ / B ₁	B ₁	K ₁	Ванна	$l \times b \times h$	B ₁	Г ₁	B ₁ × Г ₁
2	Грунтование	A ₂	B ₂	A ₂ / B ₂	B ₂	K ₂	Камера распыления	$l \times b \times h$	B ₂	Г ₂ = Г ₃	B ₂ × Г ₂
3	Окрашивание и т. д.	A ₃	B ₃	A ₃ / B ₃	B ₃	K ₃	Камера распыления	$l \times b \times h$	B ₃	Г ₃	B ₃ × Г ₃

Таблица 13

Ведомость расчета специализированных постов, рабочих мест, оборудования и производственной площади

№ поста	Наименование операций техно- логического процесса окрашивания	Трудоемкость на 1 изделие, чел.-мин	Календарное время на операцию на 1 изделие, мин	Темп выпуска изделий, мин	Количество постов		Количество рабочих мест на посту			Оборудование рабочего поста		Производственная площадь по нормативам, м ²		
					расчетное	принятое	расчетное	принятое	% загрузки	наименование оборудования	габарит- ные раз- меры, см	коли- чество	на единицу оборудо- вания	всего
1	Подготовка поверх- ности	A	A'	T	A' / T	B'	A / T	B	K	Ванна обезжи- ривания	$l \times b \times h$	B'	Г	B' × Г
2	Грунтование и т. д.	A ₁	A' ₁	T ₁	A' ₁ / T ₁	B' ₁	A ₁ / T ₁	B ₁	K ₁	Камера распы- ления	$l_1 \times b_1 \times h_1$	B' ₁	Г ₁	B' ₁ × Г ₁

**Ведомость расчета количества необходимого оборудования
при периодической его загрузке**

№	Наименование оборудования	Способ загрузки изделий	Количество загружаемых изделий в год		Загрузка в год, стандо-часов	Годовой фонд времени одного стандо-места, ч	Количество стандо-мест, шт.			Габариты оборудования, см
			А ₀	Б ₀			расчетное	принятое	% загрузки	
1	Сушильная камера для изделий средних габаритов	Перекатной стэнд с одним изделием	А ₀	Б ₀	А ₀ × Б ₀	Ф	$\frac{А_0 \times Б_0}{Ф}$	В ₀	К ₀	l × b × h

Некоторые разновидности оборудования имеют определенную пропускную способность, которая заранее известна. Количество оборудования подсчитывается по следующей формуле:

$$n = \frac{M}{z}, \quad (4)$$

где M – выпуск изделий в единицу времени, шт. или кг; z – средняя производительность оборудования в единицу времени, шт. или кг.

3.3. Расчет потребности в рабочей силе

Количество необходимой производственной рабочей силы для окрашивания изделий определяется исходя из заданной производственной программы изделий и норм трудозатрат на единицу изделия при принятом технологическом процессе окрашивания. Нормы трудозатрат на единицу изделия определяются по принятым удельным нормам трудозатрат на 1 м² обрабатываемой поверхности и проставляются при составлении карт технологического процесса. Потребность в производственной рабочей силе определяется путем деления годового объема работ по данной специализированной операции на годовой фонд времени рабочего соответствующей

4. МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

До решения технических вопросов, связанных с проектированием лакокрасочных производств (цехов и участков синтеза пленкообразующих веществ, производства лаков и лакокрасочных материалов, окрасочного производства), должны быть тщательно проработаны вопросы организации работ и, прежде всего, вопросы о методах осуществления этих работ.

Основными факторами, определяющими метод организации лакокрасочных производств, являются количество и характер производимой продукции.

Как правило, организация синтеза пленкообразующих веществ и производства основных видов лакокрасочных материалов основано на вертикальной схеме движения материалов и процессов (рис. 1). Работа небольших производств основана на горизонтальной схеме производства, но основные принципы работы те же (рис. 2).

На лакокрасочных производствах изготавливается четыре типа готовых продуктов:

- прозрачные или окрашенные лаки (не содержащие пигмент);
- краски и эмали;
- порошковые краски;
- специальные краски.

Материалы и процессы движутся сверху вниз, начиная с третьего яруса, следующим образом.

Третий ярус используется для промежуточного хранения сырья, необходимого для получения пигментной пасты. Твердое сырье (пигменты и наполнители) хранится на поддонах в мешках, бочках или контейнерах. Растворители и растворы пленкообразующих веществ подаются из резервуаров-хранилищ в аппараты для предварительного смешивания или в смесители с дискозубчатой мешалкой по трубам через дозирующие устройства.

Второй ярус. Смесь диспергируется при помощи диспергирующей машины. При серийном производстве диспергированная паста, содержащая один пигмент, подается в смеситель для паст, а затем в корректировочный резервуар. Паста, содержащая несколько пигментов, направляется непосредственно из диспергирующей машины в корректировочный резервуар.

Первый ярус. Применяется большое количество корректировочных резервуаров разных размеров. Перемешанные пасты отмеряются из общего смесителя с пастой в передвижные контейнеры, а затем добавляются в корректировочные резервуары. Составление смеси пасты или дисперсии выполняется в корректировочном резервуаре путем добавления растворов пленкообразующих, растворителей и добавок. Производится контроль и корректировка состава (цвет, вязкость, другие технически важные свойства).

На нулевой отметке конечный продукт просеивается (порошковая краска) или фильтруется (жидкие лакокрасочные материалы), сливается из корректировочного резервуара через линию фасовки в контейнеры или тару.

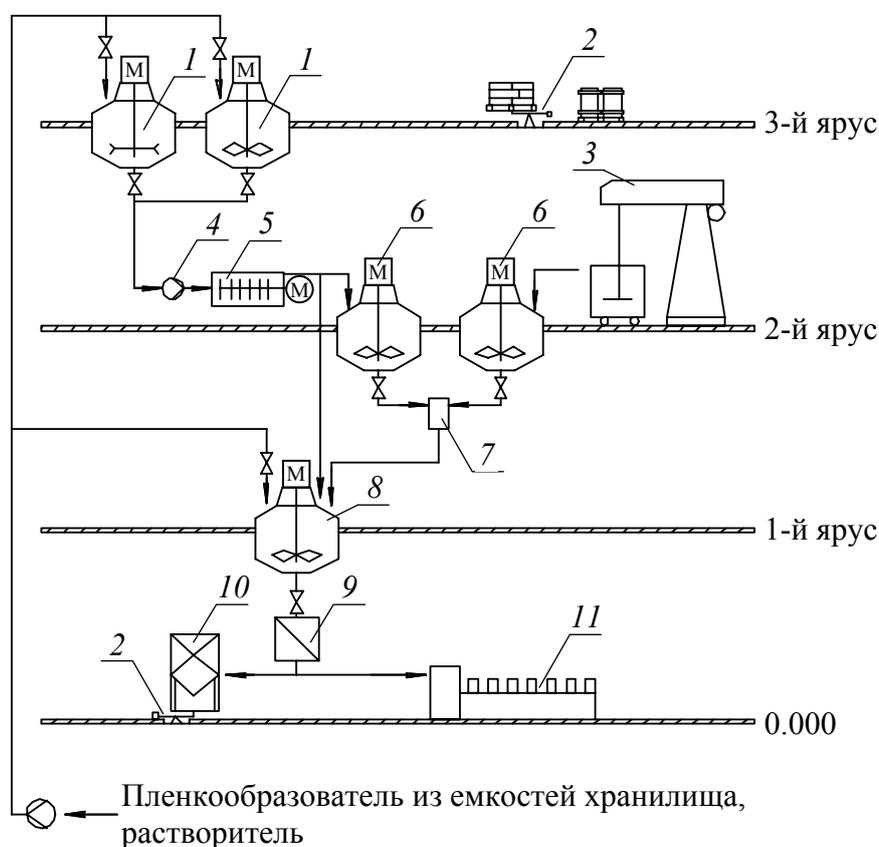


Рис. 1. Схема организации производственного потока изготовления лакокрасочных материалов, основанного на вертикальной схеме движения материалов и процессов:

- 1 – смесители предварительного смешивания; 2 – весы;
- 3 – стационарный смеситель с подъемной мешалкой; 4 – насос;
- 5 – диспергирующая машина; 6 – емкости для хранения паст;
- 7 – дозатор; 8 – смеситель для составления эмали и постановки «на тип»;
- 9 – фильтр; 10 – контейнер; 11 – линия фасовки; М – двигатель мешалки

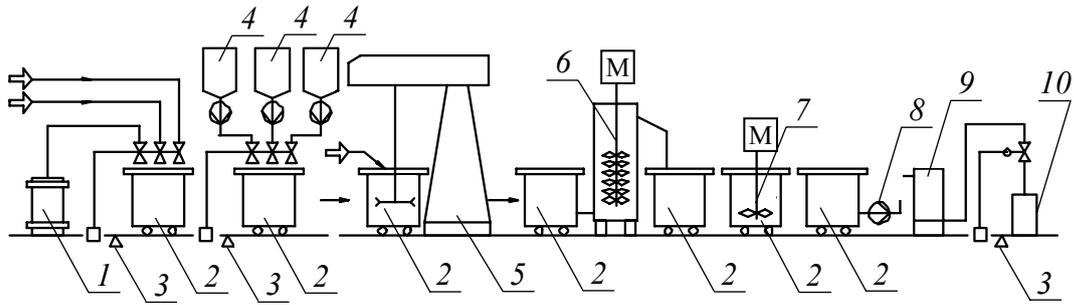


Рис. 2. Схема организации производственного потока изготовления лакокрасочных материалов, основанного на горизонтальной схеме движения материалов и процессов:
 1 – емкость для пленкообразующего вещества; 2 – дежа; 3 – весы;
 4 – емкости для колеровочных паст; 5 – стационарный смеситель с подъемной мешалкой; 6 – бисерная мельница; 7 – смеситель; 8 – насос;
 9 – фильтр; 10 – расфасовочное устройство; М – двигатель мешалки

Для получения порошковых красок твердые пленкообразующие вещества (например, эпоксидные, полиуретановые и полиэфирные смолы) должны быть измельчены и тщательно смешаны с пигментами, наполнителями, отвердителями и добавками (рис. 3).

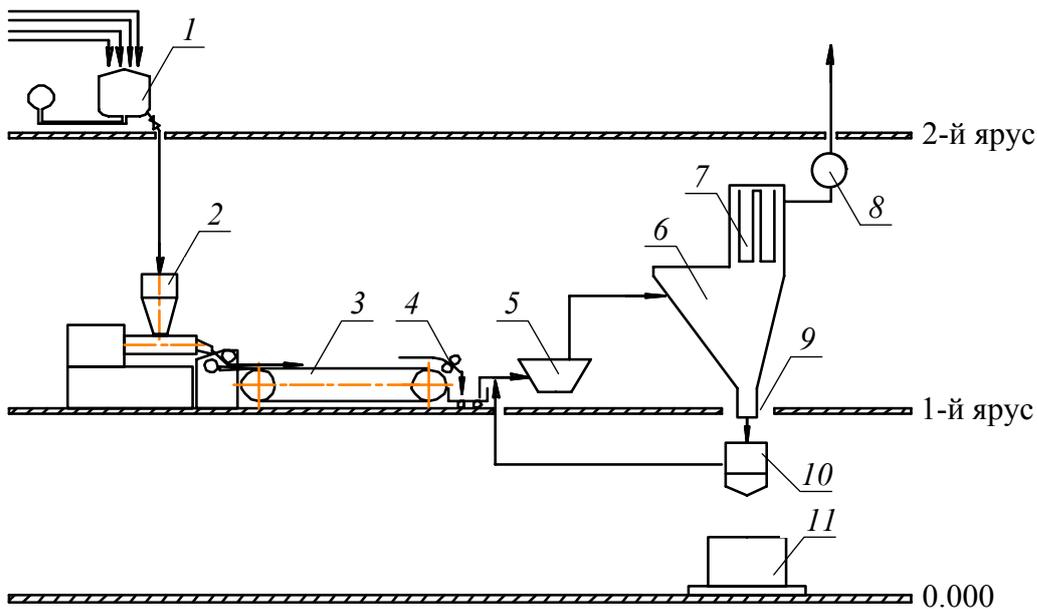


Рис. 3. Схема организации производственного потока изготовления порошковых лакокрасочных материалов:
 1 – скоростной смеситель предварительного смешивания;
 2 – экструдер; 3 – охлаждающее устройство; 4 – дробилка;
 5 – мельница с воздушной сепарацией; 6 – бункер;
 7 – рукавный фильтр; 8 – вентилятор; 9 – расфасовочное устройство;
 10 – просеивающее и сортирующее устройство; 11 – загрузочная воронка

После этого смесь через дозирующее устройство подается в экструдер, где ее расплавляют и гомогенизируют при температуре выше температуры размягчения пленкообразующего вещества и ниже температуры активации катализатора. Прессованная паста раскатывается до толщины 2–3 мм и транспортируется в зону охлаждения, а затем в валковые дробилки для дробления в крошку. Далее крошку мелко измельчают в молотковой дробилке или шаровой мельнице с воздушной сепарацией. Затем порошок просеивают и сортируют на частицы требуемого размера. Частицы большего размера измельчают еще раз.

Помимо вертикальной схемы производственного процесса может использоваться горизонтальная схема.

Основными факторами, определяющими метод организации окрасочных работ, являются количество и характер окрашиваемых изделий. Различают три основных метода: непрерывно-поточный, прерывно-поточный, непоточный (рис. 4–9).

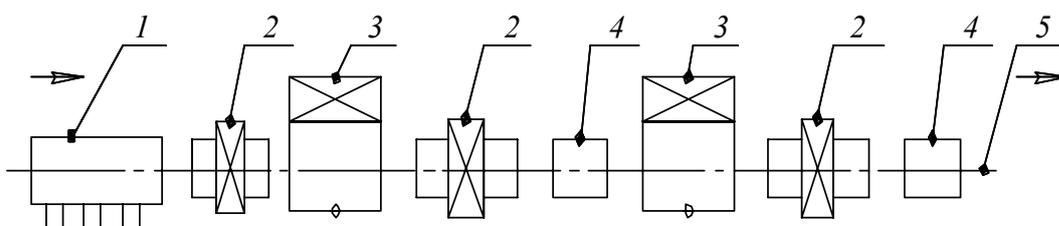


Рис. 4. Схема организации производственного потока в окрасочных цехах массового и крупносерийного производства с непрерывным перемещением изделий:

- 1 – агрегат подготовки поверхности;
- 2 – сушильная установка; 3 – окрасочная камера;
- 4 – установка охлаждения; 5 – конвейер

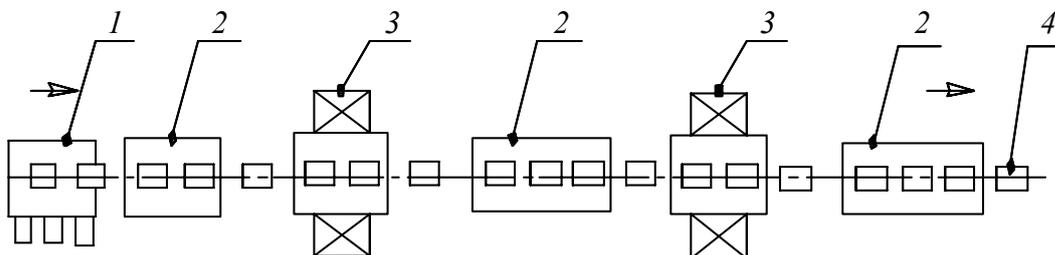


Рис. 5. Схема организации производственного потока в окрасочных цехах крупносерийного производства с периодически поступательным перемещением изделий:
1 – агрегат подготовки поверхности; 2 – сушильная установка;
3 – окрасочная камера; 4 – изделие

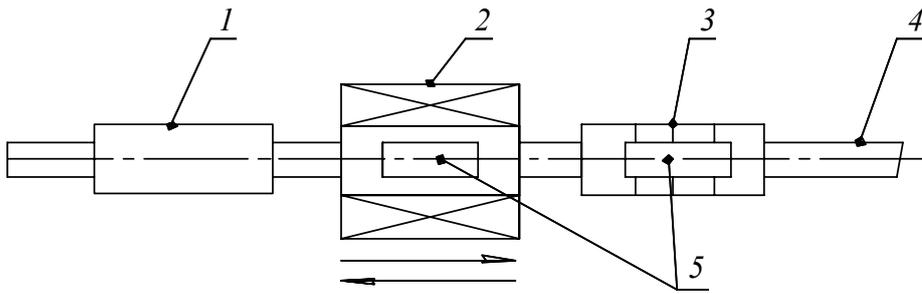


Рис. 6. Схема организации производственного потока в окрасочных цехах серийного производства с возвратно-поступательным (маятниковым) перемещением изделий: 1 – сушильная установка; 2 – окрасочная камера; 3 – стол (решетка) с нижним отсосом воздуха; 4 – рельсовый путь; 5 – изделие

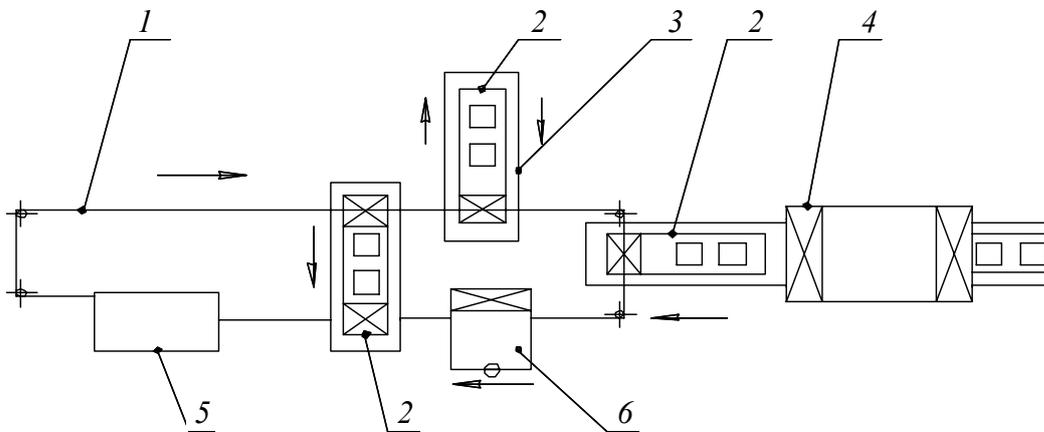


Рис. 7. Схема организации производственного потока в окрасочных цехах серийного производства мелких изделий: 1 – конвейер; 2 – рольганг; 3 – пневмоподъемник; 4 – агрегат подготовки поверхности; 5 – окрасочная камера; 6 – сушильная установка

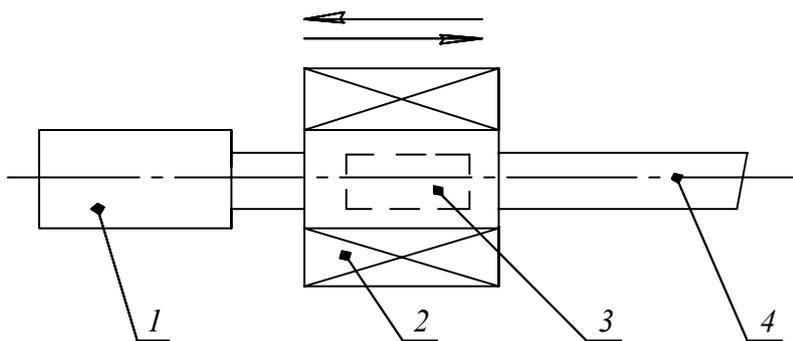


Рис. 8. Схема организации производственного потока в окрасочных цехах мелкосерийного и единичного производства с маятниковым перемещением изделий: 1 – сушильная установка; 2 – окрасочная камера; 3 – изделие; 4 – рельсовый путь

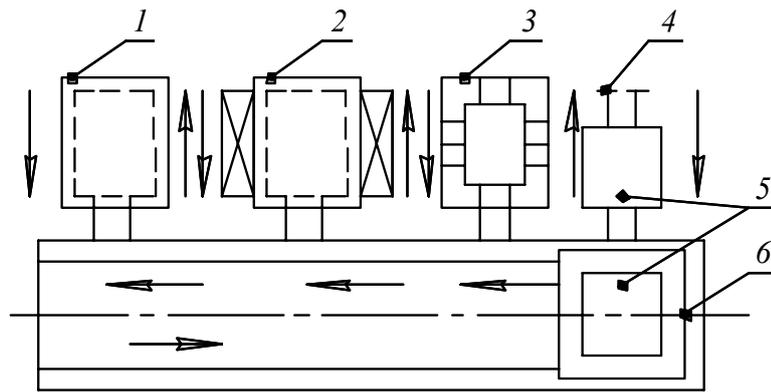


Рис. 9. Схема организации производственного потока в окрасочных цехах мелкосерийного и единичного производства перемещением изделий трансбордерной тележкой:

- 1 – сушильная установка; 2 – окрасочная камера;
 3 – стол (решетка) с нижним отсосом воздуха;
 4 – рельсовый путь; 5 – изделие; 6 – тележка

Непрерывно-поточный метод является наиболее совершенным и характеризуется тем, что изделия, проходя последовательно по всем операциям технологического процесса окрашивания, находятся в непрерывном движении. Передвижение изделий осуществляется при помощи непрерывно движущихся конвейеров. При этом методе часто удается осуществить полную автоматизацию не только процессов окрашивания, но и всех связанных с ней процессов подготовки, сушки и т. д.

Этому методу присущи свои характерные типы оборудования и определенная схема расположения его в цехе, в частности, применяются камеры проходного типа с постоянно открытыми проемами для входа и выхода изделий. При большой длительности технологических операций камеры имеют вид длинных тоннелей или многоходовых коридоров. Все оборудование располагается прямолинейно в порядке последовательности выполнения технологических операций.

Непрерывно-поточный метод применяется преимущественно на предприятиях массового и крупносерийного производства, когда окрашиванию подвергается большое количество однотипных изделий, причем промежуток времени между прохождением одного и другого изделия измеряется минутами или долями минуты. Этот метод организации особенно себя оправдывает, если все операции технологического процесса окрашивания совершаются автоматически.

Прерывно-поточный метод организации окрасочных работ отличается от предыдущего тем, что изделия во время их обработки находятся в состоянии покоя, а их продвижение совершается последовательно по всем операциям технологического процесса через постоянные промежутки времени. Движение изделий обычно осуществляется при помощи конвейеров периодического действия. Размещение оборудования, как и при непрерывно-поточном методе, – прямолинейное, в порядке, соответствующем последовательности технологических операций. При этом методе также применяются проходные камеры, но проемы для прохода изделий при длительных интервалах между передвижениями могут быть закрыты. Это имеет особенно важное значение в сушильных камерах, в которых при значительных размерах открытых проемов большое количество тепла теряется с воздухом, выходящим через проемы.

Прерывно-поточный метод применяется на предприятиях серийного производства, когда приходится окрашивать сравнительно небольшое количество однотипных изделий средних или больших габаритов, идущих с интервалами, измеряемыми часами или долями часа.

Непоточный метод организации окрасочных работ характеризуется тем, что изделия в течение всего цикла окрашивания или совсем не передвигаются или передвигаются через произвольные промежутки времени, причем направление их движения может быть и прямым, и обратным. При этом методе обычно применяются камеры тупикового или проходного типа периодического действия. Транспортировка изделий может осуществляться на ручных тележках, или подвесными транспортными устройствами, или комбинированно теми и другими. Оборудование при этом располагается таким образом, чтобы получались наименьшие грузопотоки при перевозке изделий с одного рабочего места на другое, а также с рабочих мест в сушильные камеры.

Непоточный метод применяется во всех случаях, когда два предыдущих метода себя не оправдывают вследствие малого количества или большого ассортимента различных по характеру изделий. Он широко распространен на предприятиях индивидуального или мелкосерийного производства.

5. ОСНОВНЫЕ КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Здания, проектируемые для лакокрасочных производств, бывают:

- основные производственные (синтез пленкообразующих веществ и изготовление прозрачных или окрашенных лаков, пигментированных лакокрасочных материалов, порошковых красок, специальных красок, получения покрытий);

- подсобно-производственные (складского, энергетического и транспортного назначения);

- обслуживающие (заводоуправление, здания бытового назначения и др.);

- вспомогательные, связанные с охраной окружающей среды (установки каталитического окисления и сжигания, станции нейтрализации и др.).

Здания, располагаемые на производственной территории, классифицируют по следующим признакам: по капитальности – на I, II, III и IV классы; по пожаро- и взрывоопасности – на категории А, Б, В, Г и Д; по огнестойкости – на здания I, II, III, IV и V степени.

Помещения лакокрасочных производств по пожарной опасности должны быть категории В, по степени огнестойкости – не ниже II. Этажность зданий со степенью огнестойкости III не должна быть выше трех. Максимальные площади, ограниченные противопожарными стенами, составляют: на первом этаже – 5200 м², на втором – 3500 м², на третьем – 2600 м².

При строительстве лакокрасочных предприятий применяются унифицированные пролеты: для одноэтажных зданий – с сеткой колонн 18×12, 24×12, 30×12 и высотой до низа несущей конструкции фермы 7,2 м; для многоэтажного здания – с сеткой колонн 6×6, 6×9, 6×12 при высоте этажа не ниже 6 м.

Бытовые помещения размещают, как правило, в пристройках к производственным цехам, если это не противоречит требованиям аэрации и освещенности производственных корпусов. При численности работающих более 300 человек бытовые помещения на лакокрасочных производствах могут размещаться и в отдельно стоящих корпусах.

К производственным площадям относятся площади, занятые производственным оборудованием, транспортным оборудованием (конвейерами, рольгангами и др.), заготовками, деталями, которые находятся возле рабочих мест и оборудования, проходами между оборудованием (кроме магистральных проездов).

К вспомогательным площадям относятся площади ремонтного хозяйства, цеховых складов и кладовых, помещений отдела технического контроля, краскозаготовительных отделений и прочих вспомогательных помещений, пожарных и магистральных проездов.

Площадь основных производственных отделений рассчитывают в зависимости от принятого набора оборудования, необходимого для выполнения заданной программы.

В соответствии с характеристиками производственных процессов лакокрасочных производств отделения синтеза пленкообразующих веществ и производства прозрачных или окрашенных лаков, цехи производства жидких пигментированных лакокрасочных материалов, участки изготовления порошковых лакокрасочных материалов, цехи получения покрытий, отделения переработки отходов и другие помещения, в которых может происходить выделение вредных веществ, должны быть обеспечены специальными бытовыми помещениями и устройствами по классу II Д, а участки подготовки и растаривания сырья – по классу I В. Группа I Б относится к ремонтно-инструментальным службам заводов.

В зависимости от объема и категории производственного помещения, характера выделяемых вредных веществ и тепловыделения решаются вопросы проектирования отопления и вентиляции. В производственных помещениях лакокрасочного производства отопление должно быть водяное, паровое низкого давления или воздушное.

Температура на поверхности отопительных приборов центрального отопления не должна превышать 95 °С. Отопительные приборы должны быть гладкими и легкодоступными для очистки. Не допускается устанавливать отопительные приборы в нишах. Отопление должно обеспечить температуру воздуха в помещении 17–25 °С в зависимости от времени года. В помещении окрасочных цехов должна поддерживаться температура не ниже 15 °С при относительной влажности 50–60%.

При воздушном отоплении рециркуляция приточного воздуха не допускается. Температура воздуха, подаваемого в рабочую зону, не должна превышать 30 °С.

Компоновочные решения лакокрасочных производств должны соответствовать принятой в технологическом процессе схеме транспортирования сырья, заготовок изделий и готовой продукции.

В производствах лакокрасочных материалов наряду с петлеобразной схемой транспортирования используют прямоточные и комбинированные. Последние применяются в многоэтажных зданиях, где для каждого этажа используется прямоточная схема.

В окрасочном производстве всегда применяется прямоточная схема; при этом организация транспортных операций является решающим фактором проектирования. Кроме того, окрасочные производства состоят из больших единичных мощностей и, как правило, характеризуются ограниченным ассортиментом изделий, что позволяет создавать автоматизированные производства.

Основными величинами, определяющими взаимное размещение основного технологического оборудования, являются расстояния по фронту между тыльными сторонами оборудования, а также расстояния от оборудования до стен и колонн зданий, нормативные значения которых приведены на рис. 10–20 (с. 31–36).

Расстояние между различным оборудованием и элементами зданий следует принимать исходя из удобства обслуживания оборудования. Расстояние между открытыми проемами оборудования должно быть 1,5–2,0 м. Ширина проездов должна соответствовать габаритам применяющихся транспортных средств и транспортируемых изделий и обеспечивать свободные проходы по обеим сторонам от них шириной не менее 0,7 м. Ширина проходов для ремонта и осмотра оборудования должна быть не менее 0,8 м.

Площадь цеха по своему назначению подразделяется на производственную, вспомогательную и служебно-бытовую.

Производственной следует считать площадь отделений и участков, непосредственно предназначенных для осуществления технологического процесса в данном цехе.

Вспомогательной следует считать площадь цеховых ремонтных участков, площади отделений и участков для обслуживания производства, помещений для цеховых энергетических и санитарно-технических установок (венткамеры, трансформаторные подстанции, бойлерные и т. д.), магистральных проездов цеха, площади цеховых складских помещений.

Служебно-бытовой следует считать площадь бытовых помещений (раздевалки, туалеты, душевые и т. д.), служебные кабинеты, буфеты, столовые.

Общей площадью цеха при проектировании следует считать сумму производственной и вспомогательной площадей (без служебно-бытовой).

Основные показатели, характеризующие удельную величину площади цеха на единицу оборудования:

- величина общей площади;
- величина производственной площади.

Величина производственной площади на единицу основного технологического оборудования должна определяться:

- площадью, занимаемой конкретной единицей оборудования (паспортные данные);
- шириной проходов и проездов;
- способами загрузки сырья в технологическое оборудование, изделий на конвейеры автоматических линий, отбора готовой продукции и снятия готовых изделий с конвейеров средствами механизации и автоматизации.

Технологическая планировка цеха должна включать наиболее рациональное размещение всего технологического оборудования и инвентаря, обеспечивающее наибольшие удобства в работе, наилучшую транспортную связь между рабочими местами и производственным оборудованием и наименьшие внутрицеховые грузопотоки.

При размещении рабочих мест и оборудования должны быть обеспечены:

- прямоточно-последовательное прохождение изделий по всем последовательно выполняемым операциям технологического процесса;
- необходимые рабочие зоны, проходы и проезды;
- специализация рабочих мест по характеру выполняемых на них производственных операций;
- наилучшая освещенность рабочих мест естественным светом;
- возможность быстрой эвакуации людей в случае пожара;
- удобная связь с бытовыми и подсобными помещениями.

Характер размещения рабочих мест и оборудования на плане зависит, прежде всего, от метода организации окрасочных работ.

При непрерывно-поточном методе фронт работ и связанное с этим оборудование обычно растянута в линию, причем при большой протяженности эта линия может иметь несколько ходов в прямом и обратном направлении.

При прерывно-поточном методе фронт работ в большинстве случаев располагается в одну линию.

При непоточном методе организацию работ и размещение оборудования осуществляют в обоих направлениях. Производственные площадки окрасочных цехов при этом получают или квадратные, или прямоугольные, с соотношением сторон, по возможности, не превышающем 3:1.

При непоточном методе организации работ окрасочные цехи рациональнее размещать в однопролетном здании с шириной пролета 9–12 м и высотой 4,0–4,5 м, с односторонним или двусторонним естественным освещением, с широким проездом вдоль пролета и с размещением рабочих мест и оборудования с обеих сторон проезда.

Крупные окрасочные цехи с поточной организацией работ размещаются в многопролетных зданиях, причем одна сторона цеха должна быть обязательно наружной с непосредственным выходом наружу.

При размещении рабочих мест и оборудования необходимо принимать следующие размеры зон обслуживания оборудования, проходов и проездов:

- ширина рабочей зоны – 0,8–1,0 м;
- ширина прохода – 1,5 м;
- ширина проезда при тележечном транспорте – 2,0 м;
- разрыв между проемами распылительной и сушильной камер – не менее 2,0 м.

На рис. 10–20 приведены примеры расположения технологического оборудования окрасочных цехов при различных методах организации окрасочных работ.

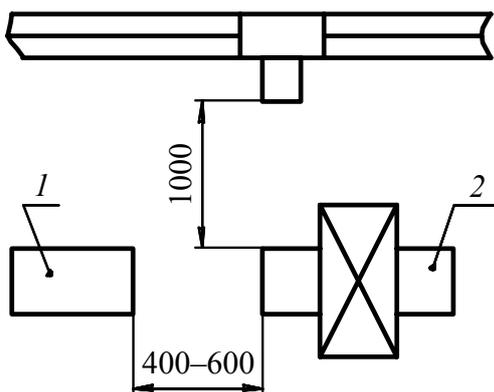


Рис. 10. Схема расположения оборудования сушильного отделения:
1 – установка охлаждения;
2 – сушильная камера

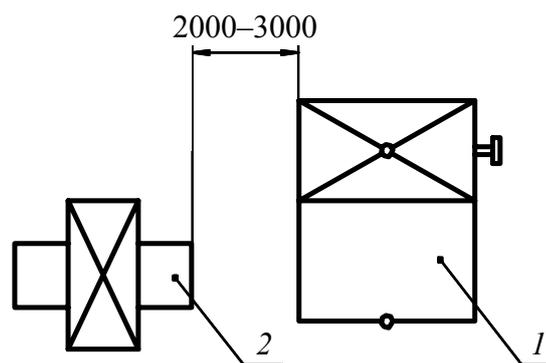


Рис. 11. Схема расположения оборудования отделения окраски:
1 – камера пневмораспыления;
2 – сушильная камера

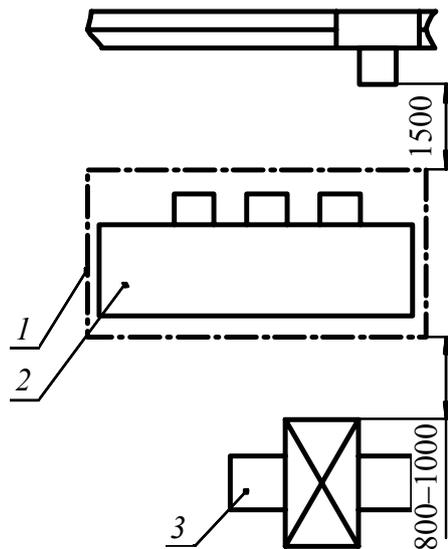


Рис. 12. Схема расположения основного оборудования отделения обезжиривания:
1 – бортик гидроизоляции;
2 – агрегат подготовки поверхности;
3 – сушильная камера

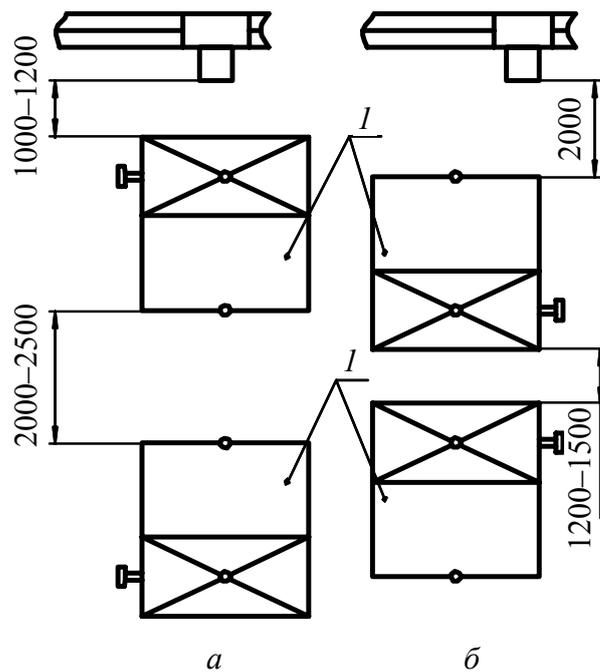


Рис. 13. Схема расположения окрасочных камер на участке пневмораспыления:
а – установка лицом друг к другу;
б – установка тыльной частью друг к другу;
1 – камера пневмораспыления

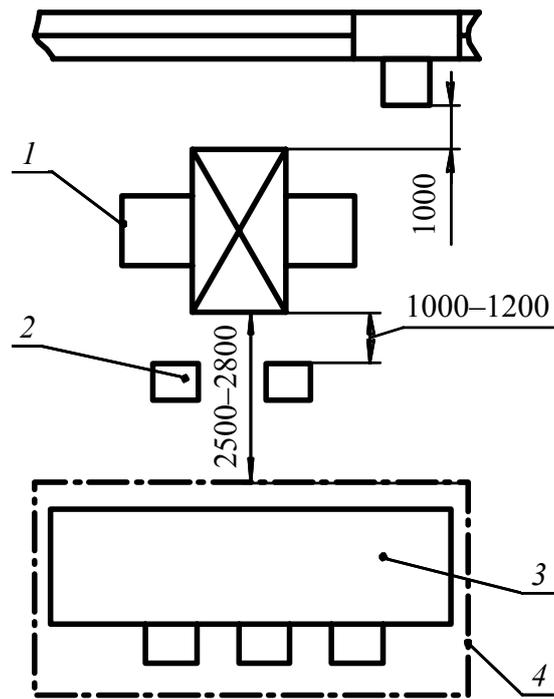


Рис. 14. Схема расположения
основного оборудования
отделения подготовки поверхности:
1 – сушильная камера;
2 – шкаф автоматического регулирования;
3 – агрегат подготовки поверхности;
4 – бортик гидроизоляции

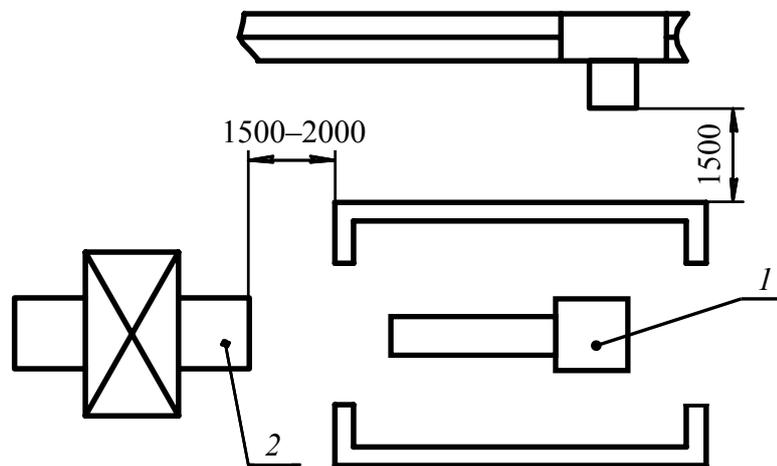


Рис. 15. Схема расположения
основного оборудования
участка окраски окунанием:
1 – установка окраски окунанием;
2 – сушильная камера

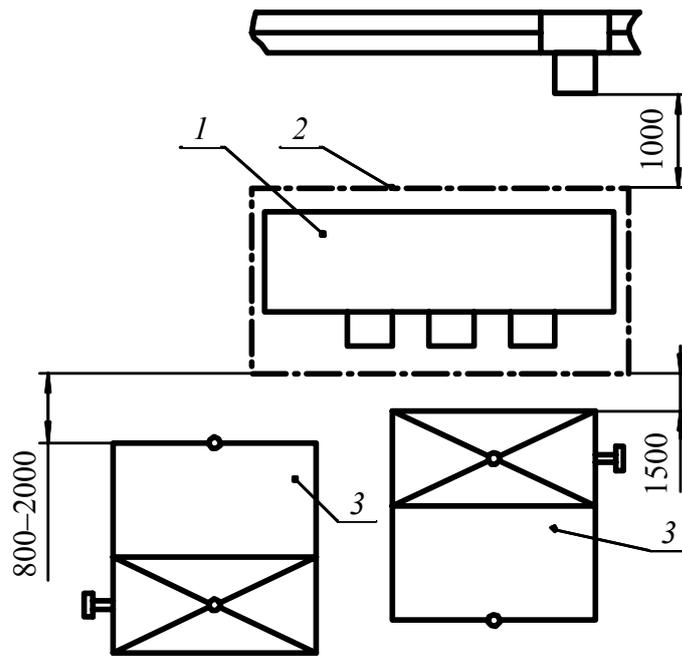


Рис. 16. Схема расположения
основного оборудования
участка подготовки поверхности:
1 – агрегат подготовки поверхности;
2 – бортик гидроизоляции;
3 – камера пневмораспыления

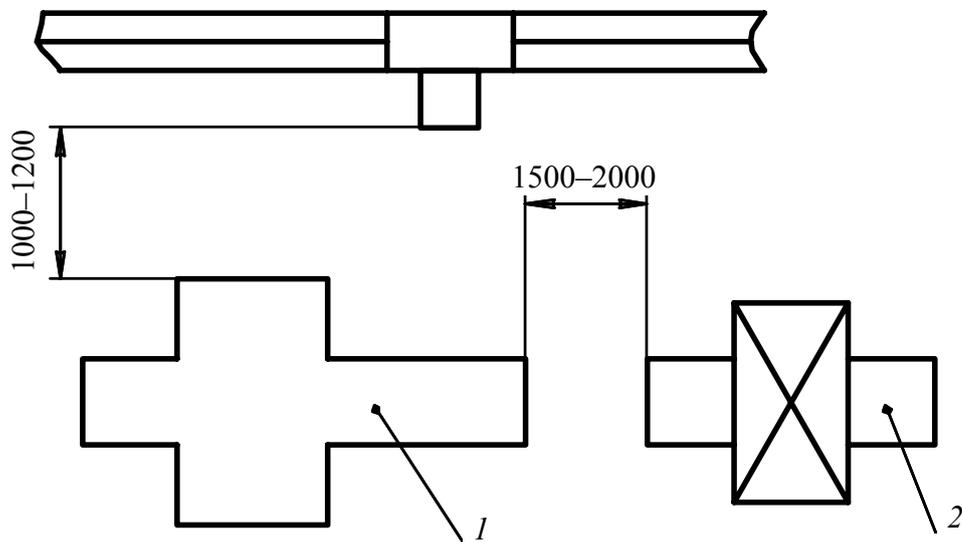


Рис. 17. Схема расположения
основного оборудования на участке
окраски струйным обливом:
1 – установка струйного облива;
2 – сушильная камера

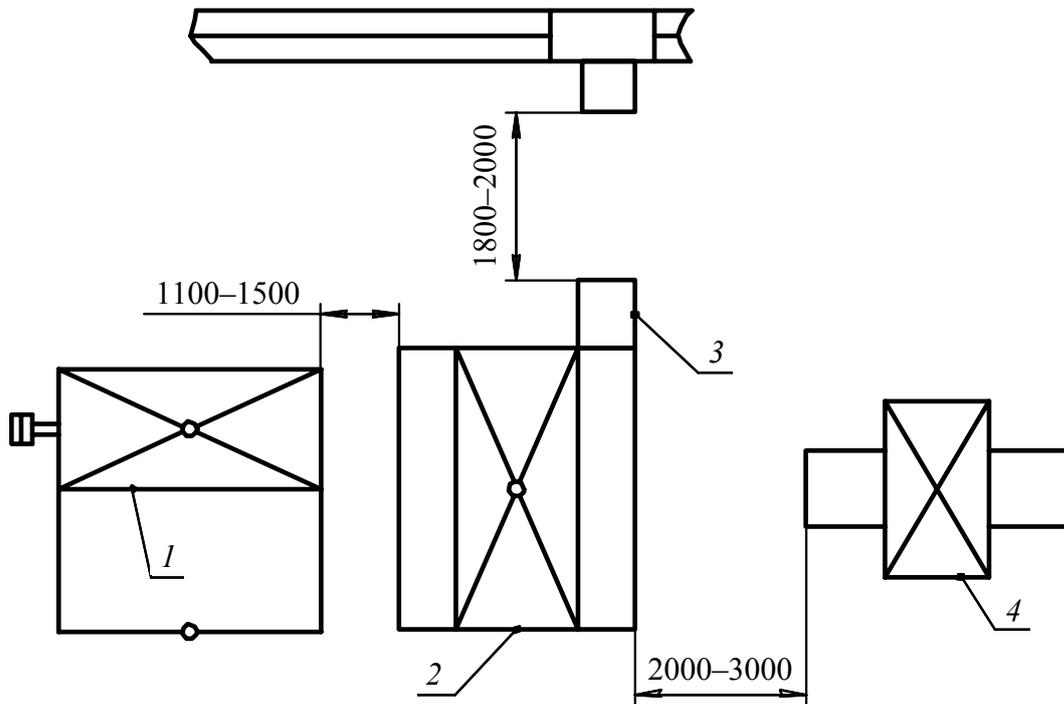


Рис. 18. Схема расположения
основного оборудования участка окраски
пневмо- и электростатическим распылением:
1 – камера пневмораспыления;
2 – камера электростатического распыления;
3 – пульт управления;
4 – сушильная камера

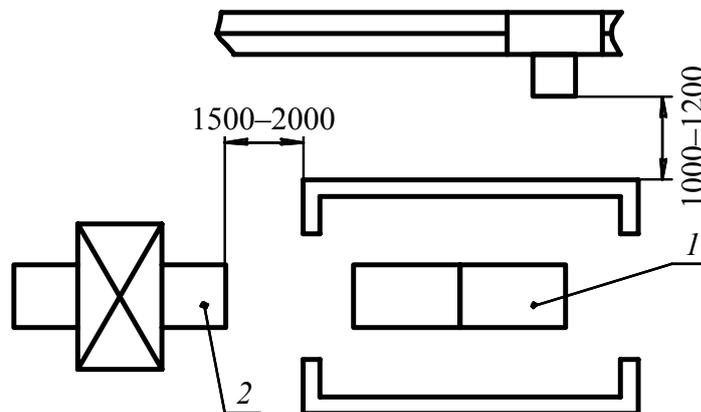


Рис. 19. Схема расположения
основного оборудования
участка получения покрытий
методом электроосаждения:
1 – установка электроосаждения;
2 – сушильная камера

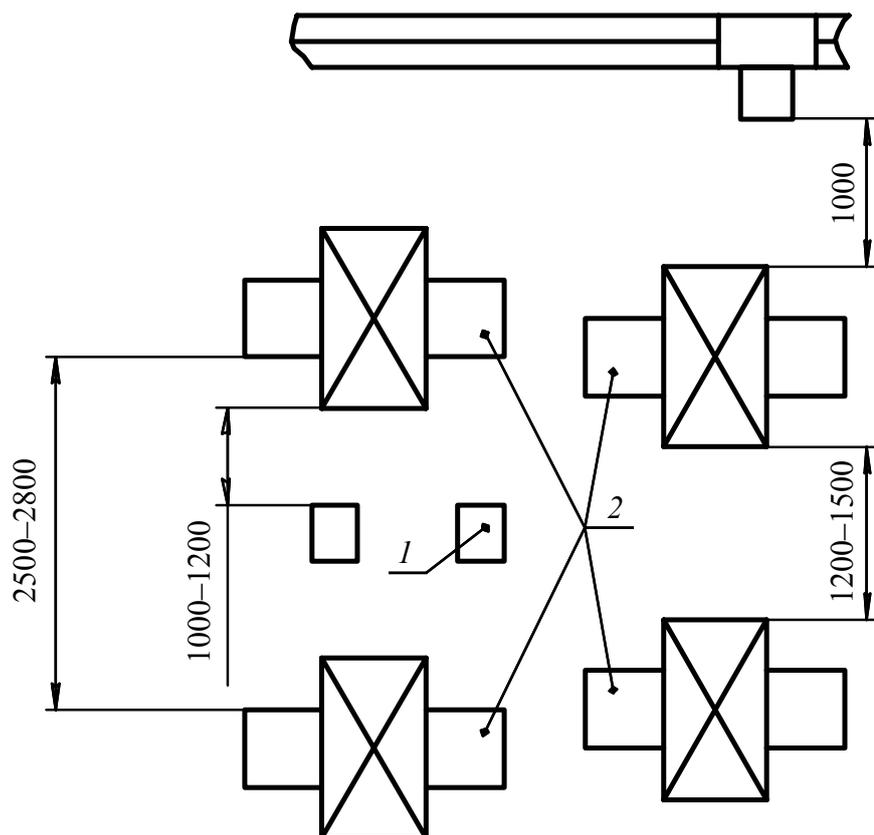


Рис. 20. Схема расположения
основного оборудования участка сушки:
1 – шкаф автоматического регулирования;
2 – сушильные камеры

5.1. Технические требования, предъявляемые к помещениям окрасочных цехов и участков

Окрасочные цехи (отделения) состоят из участков подготовки изделий к окраске, нанесения покрытия, сушки изделий, обработки поверхности изделий после сушки, а также краскоприготовительного отделения (участка) с кладовой на суточный запас лакокрасочных и других материалов.

Помещения окрасочных цехов (отделений) должны соответствовать требованиям строительных норм и правил проектирования промышленных предприятий.

Все конструктивные элементы помещений для окрасочных работ и краскозаготовительных отделений должны быть выполнены

в соответствии с требованиями, предъявляемыми строительными нормами и правилами в соответствии с категорией производства.

Окрасочные цехи, как правило, следует располагать в одноэтажных зданиях у стены здания с оконными проемами (или с легкобрасываемыми панелями), площадь которых должна быть не менее $0,05 \text{ м}^2$ на 1 м^3 помещения.

Окрасочные отделения можно выгораживать из общего объема цеха высотой более 8 м, при этом высота стен окрасочного отделения от верха стен до открытых проемов окрасочных камер или установок должна быть не менее 5 м.

В отдельных случаях, если это необходимо по условиям технологического процесса, окрасочное оборудование допускается располагать в общем потоке производства, не отгораживая его стенами. В этом случае помещение следует считать взрывоопасным в радиусе 5 м от открытых проемов оборудования (окрасочные, сушильные камеры и др.). В таких случаях работы с применением открытого огня допускается производить не ближе 15 м от открытых проемов окрасочного оборудования, при этом рабочие места с применением открытого огня следует ограждать несгораемыми перегородками, щитами и т. д.

В многоэтажных зданиях окрасочные цехи следует размещать на верхнем этаже.

Не допускается размещать окрасочные цехи в подвальных или цокольных помещениях.

Склады лакокрасочных материалов следует размещать в отдельно стоящем здании.

Высота помещений окрасочных цехов должна быть не менее 5,4 м. При реконструкции старых зданий допускается принимать высоту 4,2 м. Помещения окрасочных цехов, краскозаготовительных отделений и лабораторий должны быть масло- и бензостойкими.

В окрасочных цехах должно быть не менее двух выходов. Расстояние от наиболее удаленного рабочего места до наружного выхода или на лестничную клетку должно быть не более 30 м в одноэтажных и не более 25 м в многоэтажных зданиях. Все двери цехов и участков должны открываться в сторону ближайших выходов из здания.

Для хранения основных запасов лакокрасочных материалов должны быть созданы специальные склады.

В цеховых складах допускается запас лакокрасочных материалов, не превышающий сменной потребности.

Все помещения для хранения лакокрасочных материалов должны строиться в соответствии с нормами строительного проектирования и строительства, установленными для данной категории зданий.

Подготовка материалов к работе должна производиться в специально для этого приспособленном огнестойком изолированном помещении (краскозаготовительной). Такие отделения должны располагаться в изолированном помещении у стены цеха с оконными проемами и эвакуационным выходом.

5.2. Нормы размещения технологического оборудования окрасочного производства

Окрасочные работы в подавляющем большинстве случаев являются конечными операциями технологического процесса и завершают цикл изготовления промышленных изделий. Поэтому окрасочные цехи чаще размещаются в непосредственной близости к сборочным цехам, откуда они получают изделия для окрашивания и к складу готовых изделий, куда последние передаются после окрашивания. Однако такое размещение полностью себя оправдывает только тогда, когда изделие окрашивается в собранном виде или когда все окрасочные работы производятся в одном помещении, что обычно наблюдается на мелких предприятиях. На крупных предприятиях, имеющих технологические линии большой протяженности, где окрашиванию подвергаются сложные изделия, состоящие из большого количества деталей, технологический цикл окрашивания разделяется на следующие этапы:

1) грунтование деталей до механической обработки с предварительной очисткой их от загрязнений;

2) обработка поверхности деталей перед окрашиванием (шпатлевание, шлифование) и предварительное окрашивание деталей или отдельных узлов до сборки их в готовое изделие;

3) окончательное окрашивание собранного изделия.

При защитных покрытиях обработка и промежуточное окрашивание обычно не проводятся.

При большой протяженности технологического маршрута такое расчленение окрашивания во времени связано с разделе-

нием его и в пространстве. Окрашивание изделий по отдельным этапам обычно производится на отдельных территориально обособленных участках, примыкающих или к местам изготовления и сборки, или к складам окрашиваемых деталей, узлов и изделий. На мелких предприятиях весь цикл окрашивания может производиться в одном помещении.

Подготовка поверхности и предварительное окрашивание деталей до сборки их в готовое изделие дает возможность производить эти операции с большими удобствами, когда обрабатываемые поверхности со всех сторон доступны. В отдельных случаях, когда сборка изделий очень проста и исключена возможность повреждения окрашенной поверхности, следует до сборки производить и окончательное окрашивание деталей. В таких случаях собранное изделие лишь тщательно протирают, чтобы удалить небольшие загрязнения, появляющиеся в процессе сборки.

При сборке сложных изделий, имеющих много подгоночных операций и болтовых соединений, окончательное окрашивание следует делать на собранном изделии. При этом устраняются все дефекты предварительного окрашивания, а кроме того, достигается однородность тона и цвета окраски, что придает изделию красивый внешний вид.

На крупных предприятиях, изготавливающих сложные изделия, окрасочные работы могут производиться по месту изготовления отдельных крупных узлов или агрегатов изделия. Здесь для них также выделяются отдельные производственные площадки или обособленные помещения, причем организация работ строится на тех же принципах, которые были указаны выше.

Таким образом, месторасположение окрасочных цехов, отделений и участков должно находиться в строгом соответствии с общей организацией производства данного предприятия.

5.3. Требования, предъявляемые к оборудованию получения покрытий

Окрашивание распылением должно проводиться в специально оборудованных камерах распыления, которые должны быть таких размеров, чтобы изделия полностью помещались в них и был обеспечен удобный подход рабочего к окрашиваемому изделию.

Исключение могут составлять камеры для крупных изделий, полное укрытие которых технически сложно.

При окрашивании крупных изделий, устанавливаемых неподвижно в камере, вентиляция должна работать по схеме «сверху вниз». Приточный воздух подается равномерно по всей площади камеры и удаляется через решетки в полу камеры. Объем удаляемого воздуха принимается из расчета 1800–2000 м³/ч с 1 м² площади камеры.

Установки струйного облива необходимо оборудовать рециркуляционной системой вентиляции с частичным выбросом воздуха в атмосферу и воздушной завесой всасывающего действия у открытых проемов. Количество воздуха, отсасываемого завесой, рекомендуется принимать из расчета 2000–3000 м³/ч на 1 м² площади проема.

Камеры распыления должны быть оборудованы гидрофильтрами или другими фильтрующими устройствами, обеспечивающими улавливание распыленных частиц краски.

Искусственную сушку окрашиваемых изделий следует производить в специально оборудованных камерах, которые должны иметь теплоизоляцию, обеспечивающую наружную температуру стенок не более 30 °С.

Сушильные камеры должны быть оборудованы вентиляцией, исключающей возможность образования взрывоопасных концентраций.

Естественная сушка изделий, окрашенных нитроэмалями, также должна производиться в камерах, оборудованных вентиляцией.

6. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА СЫРЬЯ

6.1. Нормирование расхода сырья и материалов для синтеза пленкообразующих веществ и производства лакокрасочных материалов

Потребность в сырье и материалах для синтеза пленкообразующих веществ и производства лакокрасочных материалов определяют исходя из рецептуры пленкообразующего вещества, уравнений химических реакций процессов синтеза пленкообразующих веществ и на основании материальных балансов технологических процессов производства лакокрасочных материалов с учетом особенностей выбранной схемы процесса.

Сбор необходимых данных для расчета нормирования расхода сырья и материалов при синтезе пленкообразующих веществ и производстве лакокрасочных материалов (нормативы потерь, температуру процессов, теплоемкость веществ и др.) студенты осуществляют в процессе прохождения технологической и преддипломной практик.

6.2. Нормирование расхода лакокрасочных материалов при получении покрытий

Нормой расхода лакокрасочного материала называется максимально допустимое количество материала, расходуемое при нанесении на изделие (деталь), для получения покрытия с требуемыми свойствами в соответствии с планируемым уровнем техники, технологии и организации производства. При нормировании расхода лакокрасочных материалов применяют нормативы их расхода.

Норматив расхода (или удельная норма расхода) лакокрасочного материала – это максимально допустимое его количество

для нанесения покрытия определенной толщины на 1 м² поверхности.

Норма расхода лакокрасочных материалов состоит из следующих нормообразующих элементов: чистого (полезного) расхода, т. е. количества лакокрасочного материала, нанесенного непосредственно на поверхность окрашенного изделия и необходимого для образования покрытия заданной толщины; технологических потерь, обусловленных процессом нанесения материалов и зависящих как от способа их нанесения, так и от размеров и конфигурации окрашиваемого изделия; организационных потерь, которые на предприятиях массового и крупносерийного производства должны составлять не более 1% нормы расхода.

В норму расхода лакокрасочного материала не включают потери, связанные с применением лакокрасочных материалов, не соответствующих ГОСТу или ТУ, с плохим состоянием оборудования, транспортных средств, складов и небрежностью производственного персонала.

Лакокрасочные материалы, расходуемые на ремонт оборудования, зданий, сооружений, на технологическую оснастку и на прочие цели, не связанные с окраской выпускаемой продукции, в норме не учитываются. Потребность лакокрасочных материалов для этих целей определяется дополнительно на основании специального расчета.

При нормировании расхода лакокрасочных материалов надо учитывать возможность использования их отходов. Отходы лакокрасочных материалов, собранные в окрасочных камерах или предварительно переработанные на централизованной установке завода, допускается применять только при их соответствии ГОСТу или ТУ на данную марку лакокрасочного материала. В противном случае их используют для менее ответственных работ и снижают нормы расхода той продукции, которую окрашивают, применяя эти отходы.

Нормы расхода лакокрасочных материалов должны быть прогрессивными (ориентироваться на передовые методы окраски и оптимальные режимы оборудования); динамичными (периодически пересматриваться и совершенствоваться) и обоснованными.

- Нормы расхода лакокрасочных материалов классифицируют:
- по объекту нормирования (на деталь, изделие);
 - по периоду действия (временные, годовые, перспективные);

– по детализации номенклатуры лакокрасочных материалов (специфицированные – на конкретные марки материалов; сводные – на группу однородных материалов в соответствии с принятой номенклатурой);

– по масштабу применения (индивидуальные и групповые).

Прогрессивные нормы расхода лакокрасочных материалов можно разрабатывать только на основе научно обоснованных методов определения нормативов расхода, к которым относятся расчетный и опытный.

Расчетный метод нормирования (расчетно-аналитический, технико-аналитический) основывается на расчете каждого элемента нормы расхода лакокрасочных материалов и на технико-экономическом анализе нормативных показателей (нормативов расхода и потерь).

Опытный метод (экспериментальный, опытно-производственный) заключается в определении количества израсходованного материала на основании измерения расхода лакокрасочных материалов в производственных условиях. Опытный метод, как и расчетный, является научным методом. При нормировании расхода лакокрасочных материалов эти методы дополняют друг друга.

Статистический метод, основанный на установлении норм расхода исходя из отчетных данных за прошлый период, используется в качестве вспомогательного метода при анализе норм расхода, определенных расчетным или опытным методом.

6.3. Определение норм расхода лакокрасочных материалов на изделие

Нормы расхода лакокрасочных материалов разрабатывают и утверждают непосредственно на промышленных предприятиях. Эта работа возлагается на бюро или группы, входящие в состав технологических (технических) отделов или непосредственно подчиненные главному инженеру, и проводится совместно с работниками окрасочных цехов или участков, лабораторий и отделов предприятия.

Для расчета специфицированных и сводных норм расхода лакокрасочных материалов на изделие необходима следующая

документация: конструкторская спецификация деталей и узлов изделий, подлежащих окрашиванию; чертежи деталей и изделий (в сборе), если они окрашиваются не только в деталях, но и в собранном виде; ГОСТ или ТУ на окрашиваемое изделие, лакокрасочные материалы и растворители; карты технологического процесса окраски деталей, узлов и изделий (в сборе); нормативы расхода лакокрасочных материалов.

Все детали и изделия необходимо классифицировать по виду и характеру окрашиваемой поверхности на следующие группы: металлопрокат и отливки (кроме отливок, полученных литьем в песчаные формы); отливки, полученные литьем в песчаные формы; древесина. Кроме того, при окрашивании пневматическим и безвоздушным распылением все детали и изделия в сборе классифицируют по группам сложности в зависимости от конфигурации, габаритов, размеров окрашиваемой поверхности.

Норму расхода лакокрасочного материала на изделие (N , г) рассчитывают по формуле:

$$N = S \cdot n \cdot N_y, \quad (5)$$

где S – окрашиваемая поверхность, м^2 ; n – количество слоев лакокрасочного материала; N_y – норматив расхода лакокрасочного материала, $\text{г}/\text{м}^2$.

При расчете нормы расхода определяют площадь окрашиваемой поверхности и устанавливают число слоев материала по утвержденной технической документации (ГОСТ или ТУ на изделие, ГОСТ или ТУ на окрашивание или карты технологического процесса). Для изделий простой конфигурации площадь окрашиваемой поверхности определяют с точностью до 1–2%, а сложной – до 3–6%.

Нормативы расхода лакокрасочных материалов находят в отраслевых нормативных справочниках, разработанных и утвержденных в установленном порядке, а при их отсутствии определяют согласно методике, приведенной в п. 6.4.

Последовательность расчета нормы расхода на изделие зависит от технологического процесса окраски. Если изделие покрывают в собранном виде только одним слоем лакокрасочного материала, то норма расхода на это изделие равняется его площади, умноженной на норматив. Расчет усложняется, если при окраске используют лакокрасочные материалы нескольких марок, разные

виды окрасочной техники. В этом случае его проводят в следующей последовательности: рассчитывают норму расхода лакокрасочного материала определенных марок и рабочей вязкости на деталь или группу аналогичных деталей; рассчитывают норму расхода лакокрасочного материала с исходной вязкостью и норму расхода растворителя на ту же группу деталей; определяют специфицированные нормы расхода лакокрасочных материалов и растворителей и сводные нормы расхода на изделие в целом по предприятию; рассчитывают показатель среднего снижения норм расхода.

6.4. Методика расчета нормативов расхода лакокрасочных материалов

Расчетный метод нормирования расхода лакокрасочных материалов сводится к вычислению норматива чистого расхода, исходя из ряда показателей этих материалов и покрытий на их основе, и определению норматива потерь.

Норматив чистого расхода (T_y , г/м²) – это количество лакокрасочного материала, нанесенного на 1 м² окрашиваемой поверхности.

$$T_y = 100 \cdot \frac{S \cdot \delta \cdot D}{P \cdot S}, \quad (6)$$

где S – площадь окрашиваемой поверхности, м²; δ – толщина пленки, мкм; D – плотность пленки, г/см³; P – сухой остаток лакокрасочного материала, %.

Отсюда

$$T_y = 100 \cdot \frac{\delta \cdot D}{P}. \quad (7)$$

Толщину пленки принимают по данным отраслевой нормативно-правовой или технологической документации.

Сухой остаток для большинства марок лакокрасочных материалов указан в ГОСТе или ТУ на эти материалы. При отсутствии данных в ГОСТе или ТУ сухой остаток определяют в лабораторных условиях.

Норматив потерь (P_y , г/м²) рассчитывается по формуле:

$$P_y = \frac{K \cdot T_y}{1 - K}, \quad (8)$$

где K – коэффициент потерь; $(1 - K)$ – коэффициент полезного использования лакокрасочного материала.

Коэффициенты потерь для различных методов окрашивания и групп сложности приведены в табл. 16.

Таблица 16

**Максимально допустимые потери лакокрасочных материалов
(технологические и организационные)**

Метод окраски	Потери, %	Коэффициент потерь	Группы сложности окрашиваемых деталей					
			I		II		III	
			Потери, %	Коэффициент потерь	Потери, %	Коэффициент потерь	Потери, %	Коэффициент потерь
Пневматическое распыление: лакокрасочных материалов на конденсационных смолах; лакокрасочных материалов на полимеризационных смолах	–	–	20	0,20	30	0,30	50	0,5
	–	–	25	0,25	40	0,40	60	0,6
Окраска в электрическом поле	10	0,1	–	–	–	–	–	–
Безвоздушное распыление	–	–	8	0,08	15	0,15	–	–
Окунание	10	0,1	20	0,20	25	0,25	–	–
Струйный облив	10	0,1	–	–	–	–	–	–

Норматив расхода лакокрасочного материала (N_y , г/м²) определяется суммированием норматива чистого расхода T_y и норматива потерь P_y или рассчитывается по формуле:

$$N_y = 100 \cdot \frac{\delta \cdot D}{P \cdot (1 - K)}. \quad (9)$$

Если на основании норматива расхода материала с рабочей вязкостью требуется рассчитать норматив расхода лакокрасочного

материала с исходной вязкостью ($N_{и}$, г/м²) и норматив расхода растворителя ($N_{раств}$, г/м²), то для этой цели можно воспользоваться формулами:

$$N_{и} = 100 \cdot \frac{N_p}{100 + B}; \quad (10)$$

$$N_{раств} = N_p - N_{и}, \quad (11)$$

где N_p – норматив расхода лакокрасочного материала с рабочей вязкостью, г/м²; B – разведение, % (дано в нормативно-технологической документации).

При наличии норматива расхода лакокрасочных материалов, норматив расхода растворителя может быть рассчитан по формуле:

$$N_{раств} = N_{и} \cdot B. \quad (12)$$

При окраске некоторыми методами (наливом, окунанием, струйным обливом) необходимо систематически корректировать состав лакокрасочного материала для поддержания постоянной рабочей вязкости. В этом случае норматив расхода растворителя на корректировку ($N_{кор}$, г/м²) рассчитывается по формуле:

$$N_{кор} = \frac{N_{и} \cdot B_{кор}}{100}, \quad (13)$$

где $B_{кор}$ – разведение при корректировке, % (дано в нормативно-технологической документации или приведено в табл. 17).

Таблица 17

Количество растворителя на корректировку

Метод окраски	Корректировка растворителя, %
Струйный облив с последующей выдержкой в парах растворителей	50–100
Окунание	15–20
Налив	До 10

Общий расход растворителя ($N_{раств}^*$, г/м²) рассчитывается по формуле:

$$N_{раств}^* = N_{раств} + N_{кор}. \quad (14)$$

6.5. Нормирование расхода воды, пара, сжатого воздуха и электроэнергии

Расход воды. Потребителями воды в лакокрасочных производствах являются реакторы для синтеза пленкообразующих веществ, технологическое оборудование производства лакокрасочных материалов, агрегаты для обезжиривания и мытья, камеры распыления, оборудованные гидрофилтрами, бытовые помещения.

Подсчет потребности в воде производится при технических расчетах производственного оборудования. Одновременно устанавливаются и режим потребления воды.

Для выявления общего расхода воды в цехе составляется сводную ведомость расхода воды по нижеприведенной форме (табл. 18, с. 50).

Расход пара. Потребителями пара в лакокрасочных производствах являются реакторы для синтеза пленкообразующих веществ, технологическое оборудование производства лакокрасочных материалов, сушильные камеры, моечные машины, агрегаты для обезжиривания и фосфатирования и т. п.

Количество потребляемого ими пара и режим его потребления устанавливается в технических расчетах этого оборудования.

На общий расход пара составляется сводную ведомость по нижеприведенной форме (табл. 19, с. 50).

Расход сжатого воздуха. Потребителями сжатого воздуха в лакокрасочных производствах являются реакторы для синтеза пленкообразующих веществ, технологическое оборудование производства лакокрасочных материалов, краскораспылители, обдувочные точки, пневматические аппараты и т. п.

Расход сжатого воздуха определяется по среднему практическому расходу на каждую точку потребления. Режим расхода сжатого воздуха каждой точкой устанавливается в зависимости от трудоемкости операции, связанной с потреблением сжатого воздуха.

Удельные расходы сжатого воздуха (с пересчетом его на свободный воздух) для различных потребителей принимаются следующие:

– для краскораспылителей – 0,20–0,25 м³/мин;

- для обдувочных точек – $0,25-0,30 \text{ м}^3/\text{мин}$;
- для пневматических подъемников на один подъем – $0,05-0,40 \text{ м}^3$;
- для пневматических инструментов – $0,3-0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Общий расход сжатого воздуха сводится в ведомость по нижеприведенной форме (табл. 20, с. 50).

Расход электроэнергии. Электроэнергия в лакокрасочных производствах расходуется для освещения, обогрева реакторов синтеза пленкообразующих веществ, питания приводов технологического оборудования производства лакокрасочных материалов, для силового электрооборудования, которое устанавливается для приведения в движение вентиляторов, электрического инструмента, конвейеров и т. д. Кроме того, в окрасочных цехах устанавливаются электронагревательные приборы. Так как в технических расчетах производственного оборудования производится выбор электромоторов и электрокалориферов, то для проектирования сетей и пусковых устройств составляется ведомость потребителей силовой и тепловой электроэнергии, выбранных при расчете технологического оборудования.

Все данные по силовым и тепловым нагрузкам сводят в ведомость по нижеприведенной форме (табл. 21, с. 51).

Для проектирования отопления и вентиляции окрасочного цеха необходимо знать, какие в цехе имеются местные вытяжки и выделения тепла в процессе выполнения технологических операций и количество удаляемого из цеха воздуха и тепловыделения в цех.

Местными вытяжками в цехе являются распылительные и сушильные камеры, вытяжные камеры для удаления пыли, агрегаты для обезжиривания, окунающие, обливающие и т. д. Выделение тепла в процессе работы производится сушильными камерами, нагревателями изделиями, агрегатами для обезжиривания, работающими с подогревом, электромоторами и т. д.

Сводная ведомость количества удаляемого из цеха воздуха и тепловыделения в цех заполняется по нижеприведенной форме (табл. 22, с. 51).

Все данные, приведенные в ведомостях расхода воды, сжатого воздуха и всех видов энергии, следует перенести на технологическую планировку, проставив по каждой единице оборудования, нанесенной на планировке.

Сводная ведомость расхода воды

№ п/п	Наименование потребителей воды	Количество однотипного оборудования, шт.	Годовое число часов работы оборудования	Среднечасовой расход воды, л		Максимальный часовой расход на все оборудование, м ³
				на единицу оборудования	на все оборудование	
1	Бисерная мельница	n	T	1	$1 \times n$	$(1 \times n) \times T$

Сводная ведомость расхода пара

№ п/п	Наименование потребителей пара	Количество однотипного оборудования, шт.	Давление пара, МПа	Годовое число часов работы оборудования	Среднечасовой эксплуатационный расход пара, кг		Расход пара на разогрев оборудования, кг		Общий среднечасовой расход на все оборудование, кг	Годовой расход пара, т
					на единицу оборудования	на все оборудование	среднечасовой на единицу оборудования	всего		
1	Ванна обезжиривания	n	0,6	T	m	$m \times n$	r	$r \times n$	$m \times n \times T$	S

Примечание. S – сумма общего среднечасового расхода пара и расхода пара на разогрев оборудования.

Сводная ведомость расхода сжатого воздуха

№ п/п	Наименование потребителей сжатого воздуха	Количество однотипного оборудования, шт.	Давление воздуха, МПа	Максимальный часовой расход воздуха, м ³		Число часов работы в год	Среднечасовой расход воздуха, м ³		Годовой расход свободного воздуха, м ³
				на единицу оборудования	всего		на единицу оборудования	всего	
1	Краскораспылитель	n	0,6	m	$n \times m$	T	m / T	$n \times m / T$	Сумма всех потребителей

Таблица 21

Сводная ведомость расхода электроэнергии

№ п/п	Наименование оборудования, потребляющего электроэнергию	Количество однотипных потребителей, шт.	Потребители электроэнергии на единицу оборудования		Мощность установленного электрооборудования, кВт		Коэффициент загрузки оборудования		Характеристика электромоторов	
			наименование	количество, шт.	единицы	всего	по времени	по мощности	марка	число оборотов
1	Агрегат подготовки поверхности	m	Насос нагреватель	s r	$Ns + Nr$	$m \times (Ns + Nr)$	t	n	По паспорту	По паспорту

Таблица 22

Сводная ведомость удаляемого из цеха воздуха и тепловыделения в цех

№ п/п	Наименование оборудования, имеющего вытяжки и тепловыделения	Количество однотипного оборудования, шт.	Расход воздуха местными вытяжками, $m^3/ч$		Тепловыделения в цех, ккал/ч		Коэффициент загрузки оборудования	
			на единицу оборудования	всего	на единицу оборудования	всего	по местным вытяжкам	по тепло- выделениям
1	Сушильная камера	n	B	$k \times n \times B$	T	$p \times n \times T$	k	p

7. ВЕНТИЛЯЦИЯ

С целью предотвращения образования в воздухе производственных помещений концентраций растворителей выше предельно допустимых концентраций, а также взрывоопасных концентраций, необходимо обеспечить эффективную вентиляцию. Различают естественную, механическую и смешанную вентиляции. Естественная вентиляция создается при разности температур наружного и внутреннего воздуха, искусственная – в результате применения специальных установок. Вентиляция может быть местной (вредные вещества удаляются только из рабочей зоны), общеобменной (вредные вещества удаляются из всего объема помещения) и совмещенной.

Помещения лакокрасочных производств должны быть оборудованы принудительной приточно-вытяжной вентиляцией.

Дополнительно к местной вытяжной вентиляции при кратности воздухообмена менее 5 ч^{-1} осуществляется удаление воздуха из верхней зоны помещения (преимущественно над сушильными камерами) из расчета $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади цеха.

Воздухообмен в помещении рассчитывается исходя из условия разбавления вредных выделений паров растворителей до предельно допустимых в соответствии с санитарными нормами проектирования.

Оборудование приточной вентиляции следует устанавливать в специальных камерах вне производственных помещений.

Вентиляция цехов и участков лакокрасочных производств должна устраиваться по принципу отсосов от мест образования вредностей. Подача приточного воздуха должна производиться в рабочую зону. Температура приточного воздуха не должна превышать $45 \text{ }^\circ\text{C}$ при расстоянии более 2 м от работающего. Допускается превышение вытяжки над притоком в пределах 10–15%.

Выброс воздуха должен производиться на 1 м выше конька крыши и направляться в сторону господствующих ветров.

Расстояние между местами забора свежего вентиляционного воздуха и выброса отработанного должно быть по горизонтали не менее 10 м.

Приточный воздух в рабочую зону следует подавать рассеянно. Скорость приточных струй на рабочих местах должна быть не

более 0,5 м/с. Рециркуляция воздуха не допускается. Направлять воздух от местных отсосов в общую систему приточно-вытяжной вентиляции не допускается. Вытяжная вентиляция от камер должна быть рассчитана таким образом, чтобы обеспечить полное удаление красочной пыли и паров растворителей и исключить возможность выхода их в помещение. Скорость воздуха в открытых проемах должна быть не менее 0,8 м/с.

Содержание в воздухе помещений пыли, газов и паров растворителей не должно превышать установленных норм (табл. 23).

Таблица 23

Предельно допустимые концентрации веществ

Наименование вещества	Предельно допустимые концентрации, мг/м ³ , в атмосфере			Класс опасности
	производственных помещений	населенных мест		
		максимальная	среднесуточная	
Ацетон	200	0,35	0,35	4
Аммиак	20	0,2	0,2	4
Бутилацетат	200	0,1	0,1	4
Бутанол	10	0,3	–	3
Метилэтилкетон	200	–	–	3
Пропанол	200	0,6	0,2	3
Скипидар	300	2	1	4
Сольвент	100	–	–	4
Стирол	5	0,04	0,008	2
Толуол	50	0,6	0,6	4
Толуилендиизоцианат	0,5	0,05	0,02	2
Трихлорэтилен	10	–	–	3
Уайт-спирит	300	–	–	4
Фенол	5	0,01	0,007	2
Формальдегид	0,5	0,03	0,012	3
Циклогексанон	10	–	–	3
Этанол	1000	5	5	4
Этилацетат	200	–	–	4
Этилцеллозольв	200	–	–	4
Красочная пыль, не содержащая свинцовых соединений	5	–	–	3
Свинец и его неорганические соединения	0,01	0,0007	0,0007	1

7.1. Расчет вентиляционных систем

Воздухообмен (L , м³/ч) при выделении органических растворителей из лакокрасочных материалов определяется по формуле:

$$L = \frac{G}{(K_2 - K_1)}, \quad (15)$$

где G – количество выделяющихся растворителей, г/ч; K_2 – предельное содержание растворителей в удаляемом воздухе, г/м³; K_1 – содержание растворителей в приточном воздухе, г/м³.

При выделении в воздух нескольких растворителей общеконвективную вентиляцию рассчитывают путем суммирования объемов воздуха, необходимых для разбавления каждого растворителя до нормы.

Воздухообмен в замкнутых помещениях (L , м³/кг), необходимый при работе с лакокрасочными материалами, содержащими смесь растворителей, рассчитывают на основании предельно допустимой концентрации каждого растворителя по формуле:

$$L = 1,3 \sum \frac{G_i}{g_i}, \quad (16)$$

где G_i – содержание i -го растворителя в 1 кг лакокрасочного материала, г; g_i – предельно допустимая концентрация этого растворителя, г/м³.

Воздухообмен для обеспечения взрывобезопасной концентрации ($L_{\text{без}}$, м³/кг) рассчитывают по формуле:

$$L_{\text{без}} = 100 \cdot \frac{G}{A}, \quad (17)$$

где A – нижний предел воспламенения паровоздушной смеси растворителей, г/м³.

При работе в окрасочных камерах воздухообмен определяют по средним скоростям движения воздуха в рабочих проемах.

Воздухообмен, необходимый для нормальной работы окрасочной камеры ($L_{\text{кам}}$, м³/ч), рассчитывают по формуле:

$$L_{\text{кам}} = F \cdot \omega \cdot 3600, \quad (18)$$

где F – суммарная площадь рабочих проемов и неплотностей или транспортных проемов в проходных камерах, м²; ω – скорость движения воздуха, м/с.

Расчетные скорости движения воздуха в проемах окрасочных камер с боковым отсосом приведены в табл. 24.

Таблица 24

Скорости движения воздуха в проемах окрасочных камер с боковым отсосом

Метод нанесения	Лакокрасочные материалы	Расчетная скорость, м/с
<i>Ручные методы</i>		
Кисть, окунание, облив	Содержащие ароматические углеводороды	1,0
	Не содержащие ароматических углеводородов	0,5
Пневматическое распыление	Содержащие диизоцианаты, эпоксидные, полиуретановые, акрилатные	1,7
	Содержащие ароматические углеводороды	1,3
Безвоздушное распыление	Содержащие свинцовые соединения и ароматические углеводороды	0,7
	Не содержащие ароматических углеводородов	0,6
Электростатическое распыление ручное	Различные	0,5–0,4
<i>Автоматизированные линии</i>		
Окунание, облив, электростатическое распыление	Различные	0,4–0,5

Для установок струйного облива и окунания при высоте проема 1 м объем удаляемого воздуха с 1 м² при работе с лакокрасочными материалами на органических растворителях, содержащих ксилол, должен составлять 2800 м³/ч, не содержащих ксилола – 2000 м³/ч, для водоразбавляемых материалов – 1000 м³/ч.

При другой высоте проема вводится поправочный коэффициент $k = \sqrt{H}$ (где H – высота проема, м). Воздухообмен рассчитывается по формуле:

$$L = k \cdot q \cdot F, \quad (19)$$

где q – удельный расход воздуха, м³/ч; F – площадь проема, м².

Объем воздуха, удаляемого из окрасочных камер, определяется по средним скоростям воздуха в рабочих проемах (табл. 24).

8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Все применяемые в лакокрасочном производстве сырье и материалы должны соответствовать требованиям, установленным на них ГОСТ или ТУ, и иметь паспорта. Поступающие лакокрасочные материалы можно использовать только с разрешения лаборатории или отдела технического контроля предприятия. Запрещается применять в качестве растворителя бензол и пиробензол.

Для получения лакокрасочных материалов или покрытий требуемого качества необходимо строго соблюдать предписанную технологию, нормы и требования производства. Технический контроль в лакокрасочном производстве является неотъемлемой частью всего технологического процесса.

Техническому контролю подвергаются:

- а) сырье и материалы, применяемые в лакокрасочном производстве (входной контроль);
- б) параметры технологического процесса производства лакокрасочных материалов и получения покрытий;
- в) качество выполнения отдельных технологических операций (промежуточный контроль);
- г) качество готовой продукции (окончательный контроль).

Все поступающие на предприятия сырье, лакокрасочные и вспомогательные материалы должны сопровождаться необходимой технической документацией. Они проверяются на соответствие требованиям ГОСТ, ТУ; материалы с отклонениями от этих требований не допускаются в производство. При приготовлении рабочих составов контролируют правильность применения растворителей, соблюдения требуемой рецептуры и установленных параметров (цвет, вязкость, однородность и т. д.).

Цель технического контроля производства различных лакокрасочных материалов – предотвратить выпуск некачественных лакокрасочных материалов, а процесса окрашивания – не допустить дефекты на покрытиях и их отклонения от требуемых норм по качеству в результате несоблюдения технологического процесса.

Дефекты могут возникать по разным причинам: из-за низкого качества сырья и материалов, неисправности оборудования, несоблюдение норм технологического процесса, запыленности

воздуха в помещении цеха, неравномерности нанесения лакокрасочных материалов, сбоя температуры при отверждении покрытий и т. д.

Дефекты на лакокрасочных покрытиях могут быть исправимые и неисправимые. Покрытия с неисправимыми дефектами подлежат удалению (выбраковываются). Устранение дефектов обычно достигается либо подкраской, либо повторным нанесением покрытия. Подкраску применяют в том случае, если дефекты незначительны и занимают лишь небольшую часть поверхности. К ним относят следы от подвесок, отдельные риски, сколы, сдиры, незначительные непрокрасы и др.

9. КАТЕГОРИИ ПРОИЗВОДСТВ ПО ВЗРЫВНОЙ, ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Категории производств (помещений) по взрывной, взрывопожарной опасности устанавливаются в зависимости от характеристики обрабатываемых в производстве материалов.

Классы взрыво- и пожароопасности цехов и участков производства лакокрасочных материалов, а также отделений и окрасочных установок, применяемых в цехах покрытий, представлены в табл. 25.

Таблица 25

Классы взрыво- и пожароопасности цехов и участков

Наименование процессов производства и помещений	Классы взрыво- и пожароопасности
<i>Цехи и участки</i>	
Производства синтетических смол	В–Ia
Производства лаков	В–Ia
Производства эмалей на конденсационных смолах	В–Ia
Производства лаков и эмалей на полимеризационных смолах	В–Ia
Производства водно-дисперсионных материалов	–
Производства порошковых лакокрасочных материалов	В–IIIa
<i>Отделения</i>	
Подготовки поверхности с использованием негорючих материалов	–
Подготовки поверхности с использованием горючих материалов	В–Iб
Нанесения и сушки покрытий	В–Ia, В–Iб
Краскозаготовительное	В–Ia
Лаборатория	В–Iб
<i>Установки</i>	
Для окрашивания окунанием, наливом и струйным обливом	В–Ia
Окрасочные камеры для пневматического и безвоздушного нанесения органорастворимых лакокрасочных материалов	В–Ia
Окрасочные камеры для электростатического нанесения жидких лакокрасочных материалов с растворителями	В–Iб
Окрасочные камеры для электростатического нанесения порошковых лакокрасочных материалов	В–IIa
Сушильные камеры (при наличии органических растворителей в лакокрасочных материалах)	В–Iб
Установки для нанесения водоразбавляемых материалов (при отсутствии растворителей)	–

9.1. Требования по пожарной безопасности помещений

Окрасочные цехи и участки должны располагаться в одноэтажных зданиях или в верхних этажах многоэтажных зданий. Высота производственных помещений от пола до потолка должна быть не менее 5,4 м; число выходов из помещений – не менее двух. Участки подготовки поверхности изделий выделяются в изолированные от окрасочных участков помещения. Краскозаготовительное отделение располагается в отдельном здании (или пристройке) с самостоятельным выходом наружу. При нем допускается устройство кладовой для суточного запаса материалов. Склады для хранения лакокрасочных материалов необходимо размещать отдельно от окрасочных цехов. Окрасочные цеха, краскозаготовительные отделения и склады обязательно обеспечиваются необходимыми средствами пожаротушения. Помещения оборудуются принудительной вытяжной вентиляцией: в местах повышенного выделения вредных паров и аэрозолей (окрасочные камеры, сушилки и др.) устанавливается местная вытяжная вентиляция.

В окрасочных цехах и краскозаготовительных отделениях должно быть водяное, паровое (низкого давления) или воздушное отопление; температура на поверхности отопительных приборов – не более 95 °С. В помещении должно быть предусмотрено рабочее, ремонтное и аварийное искусственное освещение.

Грозозащита и защита от статического электричества должна быть обеспечена в соответствии с «Правилами защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности».

Защита зданий и сооружений системами автоматического пожаротушения должна осуществляться в соответствии с «Перечнями зданий и помещений объектов народного хозяйства, подлежащих оборудованию автоматическими средствами пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ И РАСЧЕТА МАТЕРИАЛЬНЫХ И ТЕПЛОВЫХ БАЛАНСОВ

А.1. Принципы составления материальных балансов

Согласно закону сохранения материи, масса веществ, поступающих в какую-либо систему, равна массе веществ, покидающих эту систему, независимо от того, какие физические или химические изменения они претерпевают. Суммарное количество поступающих на переработку сырья и реагентов равно суммарному количеству полученных продуктов переработки. Для процессов, являющихся непрерывными, уравнения материального баланса принято составлять для часового прихода и расхода веществ:

$$\sum G_{\text{нач}} = \sum G_{\text{кон}}, \quad (\text{П1})$$

где $\sum G_{\text{нач}}$, $\sum G_{\text{кон}}$ – суммарное количество веществ, поступающих в систему и покидающих ее соответственно, в массовых единицах:

$$\sum G_{\text{нач}} = G_{1\text{нач}} + G_{2\text{нач}} + \dots + G_{i\text{нач}}; \quad (\text{П2})$$

$$\sum G_{\text{кон}} = G_{1\text{кон}} + G_{2\text{кон}} + \dots + G_{i\text{кон}}, \quad (\text{П3})$$

где $G_{i\text{нач}}$, $G_{i\text{кон}}$ – количество i -го компонента в исходном сырье и в потоках, выводимых из системы соответственно, в массовых единицах.

Материальный баланс может быть составлен и для отдельных компонентов системы. Так, в системах, в которых не происходит химических превращений, например, в процессах ректификации, абсорбции и др., должен соблюдаться баланс по каждому компоненту:

$$G_{i\text{нач}} \cdot x_{i\text{нач}} = G_{i\text{кон}} \cdot x_{i\text{кон}}, \quad (\text{П4})$$

где $x_{i\text{нач}}$, $x_{i\text{кон}}$ – массовая концентрация компонента в исходном сырье и потоках, выводимых из системы, соответственно.

В системах, в которых протекают химические превращения, масса поступающего i -го компонента равна сумме масс превращенного и непревращенного i -го компонента:

$$G_{\text{нач}} = G_{\text{инепр}} + G_{\text{ипревр}}, \quad (\text{П5})$$

где $G_{\text{инепр}}$, $G_{\text{ипревр}}$ – количество непревращенного и превращенного i -го компонента, в массовых единицах.

Для систем, которые работают с рециркуляцией газообразных веществ, обычно приходится составлять отдельно газовые балансы для реагирующих веществ и инертных примесей, поступающих в систему с исходным потоком газа и образующихся в реакции, и для каждого компонента системы или для групп компонентов.

В технических расчетах материальный баланс составляют для цеха в целом или для отдельного аппарата.

В процессе производства продуктов всегда имеются потери. Это могут быть механические потери за счет неплотностей оборудования (насосов, компрессоров, аппаратов и трубопроводов), а также потери целевого продукта за счет неполного извлечения его из продуктов реакции в процессе их разделения.

С учетом механических потерь баланс может быть представлен уравнением:

$$\sum G_{\text{нач}} = \sum G'_{\text{кон}} + G_{\text{пот}}, \quad (\text{П6})$$

где $G'_{\text{кон}} = G_{\text{кон}} + G_{\text{пот}}$; $G_{\text{кон}}$ – количество веществ, покидающих систему, в массовых единицах; $G_{\text{пот}}$ – количество потерь, в массовых единицах.

В уравнении (П6) $\sum G'_{\text{кон}}$ включает и ту часть целевого продукта, которая теряется при извлечении его из продуктов реакции, поскольку ее учитывают в составе побочных продуктов. Если же баланс составляют для каждого продукта, то потери при извлечении включают в общий состав потерь.

При составлении материальных балансов учитывают все производственные потери, вследствие чего количество сырья и реагентов, поступающих в цех, больше, чем это необходимо для получения заданного количества продукта. Однако технологический расчет аппаратуры отдельных цехов составляют для общего количества поступающего на них сырья и реагента без учета потерь.

А.2. Принципы составления тепловых балансов

Тепловой баланс служит основой при расчете тепловых и химических процессов. Для его составления необходимо определить количество тепла, вносимое в аппарат и уносимое из него. Согласно закону сохранения энергии приход и расход тепла должны быть равны:

$$\sum Q_{\text{вх}} = \sum Q_{\text{вых}}, \quad (\text{П7})$$

где $\sum Q_{\text{вх}}$ – суммарное количество тепла, вносимое в аппарат продуктами и выделяющегося при протекании экзотермических реакций, кДж; $\sum Q_{\text{вых}}$ – суммарное количество тепла, уносимое из аппарата, включая тепло, поглощенное при протекании эндотермической реакции, и потери в окружающую среду, кДж.

Для расчета количества тепла, вносимого в аппарат реагентами или выносимого из него продуктами реакции, можно пользоваться теплоемкостью или энтальпией.

Количество тепла, вносимое или уносимое жидкостью ($Q_{\text{ж}}$, кДж):

$$Q_{\text{ж}} = G \cdot c_{\text{ж}} \cdot t_{\text{ж}} = G \cdot i, \quad (\text{П8})$$

вносимое или уносимое парами ($Q_{\text{п}}$, кДж):

$$Q_{\text{п}} = \frac{G [c_{\text{ж}} \cdot t_{\text{ж}} + r + c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{п}} - t_{\text{н}})]}{3,6} = \frac{G \cdot I}{3,6}, \quad (\text{П9})$$

где G – количество реагента или продукта реакции, кг/ч; $c_{\text{ж}}$, $c_{\text{п}}$ – средняя теплоемкость жидкости и паров соответственно, кДж/кг·К; $t_{\text{ж}}$ – температура жидкости, К; i – энтальпия жидкости, кДж/кг; r – скрытая теплота испарения, кДж/кг; $t_{\text{н}}$, $t_{\text{п}}$ – температура насыщения и перегрева пара соответственно, К; I – энтальпия паров, кДж/кг.

Количество тепла значительно удобнее и проще рассчитывать, пользуясь энтальпией, особенно когда из теплового баланса необходимо определить одну из температур.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

Б.1. Пример расчета материального баланса получения лака МЛ-92 азеотропным методом

Исходные данные для расчета материальных (рецептуры для синтеза пленкообразующих веществ, нормы технологических потерь, температурные параметры синтеза, потери по стадиям синтеза и т. д.) и тепловых (удельная теплоемкость исходных веществ и продуктов, температурные параметры компонентов, тепловые потери процесса, энтальпия реакции и т. д.) балансов, технологических процессов и оборудования должны быть собраны студентами во время прохождения технологической или преддипломной практики.

Целью расчета материального баланса является установление затрат основного сырья и вспомогательных материалов, количества основных и побочных продуктов, которые получают.

Материальный баланс рассчитывается на основе закона сохранения массы, стехиометрических уравнений реакции, которая протекает при реализации данного процесса.

Общий материальный расчет состоит из следующих пунктов.

1. Расчет количества рабочих дней в году.

Для периодических и комбинированных процессов необходимо предусмотреть сменный график нерабочих дней сменного персонала без остановки цеха на выходные дни. Тогда количество рабочих дней в году составляет:

$$Д = 365 - (Р + В), \quad (П10)$$

где Р – количество дней в году, которые отведены на капитальный и другие виды ремонта; В – количество праздничных дней.

Для непрерывных процессов количество рабочих дней в году составляет:

$$Д = 365 - Р. \quad (П11)$$

Для производства лака МЛ-92 принимаем непрерывный график производства с остановкой на ремонт, чистку аппаратов. Тогда по формуле (П11) получаем:

$$Д = 365 - 10 = 355 \text{ дней.}$$

2. Расчет суточной производительности цеха без учета потерь (Π_c , т/сут) осуществляется по формуле:

$$\Pi_c = \frac{М}{Д}, \quad (\text{П12})$$

где $М$ – годовая производительность цеха, т.

Для годовой производительности 12 000 т:

$$\Pi_c = \frac{12\,000}{355} = 33,803 \text{ т/сут.}$$

3. Определение суточной производительности цеха с учетом потерь продукта по стадиям ($\Pi_{\text{сп}}$, т/сут) осуществляется по формуле:

$$\Pi_{\text{сп}} = \frac{\Pi_c}{1 - \frac{О}{100}}, \quad (\text{П13})$$

где $О$ – общий процент потерь готового продукта по стадиям.

Потери по стадиям:

- изготовление смолы в реакторе – 5,45%
- потери на растворение и постановку лака «на тип» – 1,434%
- потери на фильтрацию – 0,785%
- общий процент потерь – 7,669%

В соответствии с формулой (П13) суточная производительность цеха с учетом потерь:

$$\Pi_{\text{сп}} = \frac{33,803}{1 - \frac{7,669}{100}} = 36,623 \text{ т/сут.}$$

4. Определение общего количества потерь (Π , т/сут) осуществляется по формуле:

$$\Pi = \Pi_{\text{сп}} - \Pi_c. \quad (\text{П14})$$

В соответствии с формулой (П14)

$$\Pi = 36,623 - 33,803 = 2,82 \text{ т/сут.}$$

5. Определение потерь по стадиям ($P_{ст}$, кг/сут) осуществляется по формуле:

$$P_{ст} = \frac{P \cdot p_{ст}}{O}, \quad (П15)$$

где $p_{ст}$ – % потерь по стадии.

$$P_{ст1} = \frac{2820 \cdot 5,45}{7,669} = 2004 \text{ кг/сут};$$

$$P_{ст2} = \frac{2820 \cdot 1,434}{7,669} = 527,3 \text{ кг/сут};$$

$$P_{ст3} = \frac{2820 \cdot 0,785}{7,669} = 288,7 \text{ кг/сут}.$$

6. Суточный расход каждого сырья с учетом потерь исходя из рецептуры загрузки компонентов в реакционную смесь представлен в табл. П1.

Таблица П1

Рецептура загрузки на 1 т

Наименование сырья	Количество, кг
1. Масло льняное	196,06
2. Канифоль	43,65
3. Глицерин, 100%	66,74
4. Фталевый ангидрид	109,34
5. Ксилол	207,90
6. Уайт-спирит	201,46
7. Меламиноформальдегидная смола К-421-02	173,32
8. Глет свинцовый	0,17
9. Сиккатив	1,36
<i>Итого</i>	1000,00

7. Расчет количества сырья, необходимого для выполнения суточной программы без потерь (P_{ci} , кг) (табл. П2), осуществляется по формуле:

$$P_{ci} = \frac{P_c \cdot m_i}{1000}, \quad (П16)$$

где m_i – количество i -го сырья, согласно рецептуре загрузки на 1 т, кг.

Таблица П2

**Расчет сырья, необходимого
для выполнения суточной программы без потерь**

Наименование сырья	Количество сырья, кг
1. Масло льняное	$33803 \cdot 196,06 / 1000 = 6627,4$
2. Канифоль	$33803 \cdot 43,65 / 1000 = 1475,5$
3. Глицерин, 100%	$33803 \cdot 66,74 / 1000 = 2256$
4. Фталевый ангидрид	$33803 \cdot 109,34 / 1000 = 3696$
5. Ксилол	$33803 \cdot 207,9 / 1000 = 7027,6$
6. Уайт-спирит	$33803 \cdot 201,46 / 1000 = 6810$
7. Меламиноформальдегидная смола К-421-02 (50%-й раствор в бутаноле)	$33803 \cdot 173,32 / 1000 = 5858,7$
8. Глет свинцовый	$33803 \cdot 0,17 / 1000 = 5,7$
9. Сиккатив	$33803 \cdot 1,36 / 1000 = 46$
<i>Итого</i>	33803

8. Потери всех видов сырья синтеза пленкообразующего в реакторе по данным предприятия (из материалов практики) представлены в табл. П3:

Таблица П3

Потери сырья в реакторе

Наименование сырья	Потери, %
1. Масло льняное	14,11
2. Канифоль	14,10
3. Глицерин, 100%	14,11
4. Фталевый ангидрид	14,11
5. Ксилол	2,76
6. Уайт-спирит	2,35
7. Меламиноформальдегидная смола К-421-02 (50%-й раствор в бутаноле)	2,35
8. Глет свинцовый	13,92
9. Сиккатив	2,35

9. Суточный расход сырья с учетом всех потерь (Π_{cni} , кг) (табл. П4) осуществляется по формуле:

$$\Pi_{cni} = \frac{\Pi_{ci}}{1 - \pi_i}, \quad (\text{П17})$$

где π_i – потери i -го сырья синтеза пленкообразующего в реакторе в массовых единицах.

Суточный расход сырья с учетом всех потерь

Наименование сырья	Расход сырья, кг
1. Масло льняное	$6627,4 / 0,8589 = 7716,1$
2. Канифоль	$1475,5 / 0,859 = 1717,7$
3. Глицерин, 100%	$2256 / 0,8589 = 2626,6$
4. Фталевый ангидрид	$3696 / 0,8589 = 4303,2$
5. Ксилол	$7027,6 / 0,9724 = 7227,1$
6. Уайт-спирит	$6810 / 0,9765 = 6973,9$
7. Меламиноформальдегидная смола К-421-02 (50%-й раствор в бутаноле)	$5858,7 / 0,9765 = 5999,7$
8. Глет свинцовый	$5,7 / 0,8608 = 6,6$
9. Сиккатив	$46 / 0,9765 = 47,1$
<i>Итого</i>	36618

Схема материального баланса представлена на рис. П1.

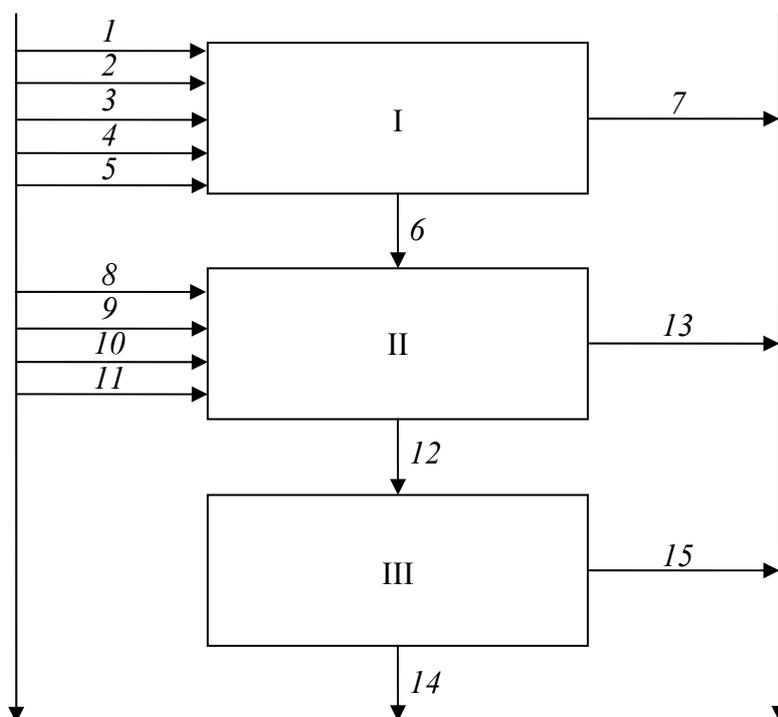


Рис. П1. Схема материальных потоков:

- I – изготовление основы смолы в реакторе; II – растворение основы в смесителе и постановка лака «на тип»; III – фильтрация;
 1 – масла растительные; 2 – глицерин; 3 – фталевый ангидрид;
 4 – канифоль; 5 – глет свинцовый; 6 – готовая основа;
 7 – потери при синтезе; 8 – уайт-спирит; 9 – ксилол; 10 – сиккатив;
 11 – смола К-421-02; 12 – лак полуфабрикатный;
 13 – потери при растворении и постановке «на тип»;
 14 – готовый лак; 15 – потери при фильтрации

В табл. П5 приведен постадийный материальный баланс.

Таблица П5

Постадийный материальный баланс

Наименование сырья	Приход, кг/сут	Наименование сырья	Расход, кг/сут
<i>Синтез основы в реакторе</i>			
Масло льняное	7716,1	Основа	14619,8
Канифоль	1717,7	Потери	2004,2
Глицерин	2626,6		
Фталевый ангидрид	4303,2		
Ксилол	253,8		
Глет свинцовый	6,6		
<i>Итого</i>	16624,0	<i>Итого</i>	16624,0
<i>Растворение основы и постановка «на тип»</i>			
Основа	14619,8	Лак МЛ-92	34087,2
Ксилол	6973,6	Потери лака	526,9
Уайт-спирит	6973,6		
Смола К-421-02 (50%-й раствор в бутаноле)	5999,7		
Сиккатив	47,1		
<i>Итого</i>	34614,1	<i>Итого</i>	34614,1
<i>Фильтрация лака</i>			
Лак МЛ-92	34087,4	Лак МЛ-92	33804,5
		Потери лака	282,9
<i>Итого</i>	34087,4	<i>Итого</i>	34087,4

Примечание. Количество ксилола на стадии синтеза основы лака азеотропным методом определяется как разность между количеством ксилола и уайт-спирита из расчета суточного расхода сырья с учетом всех потерь.

Б.2. Пример расчета теплового баланса оборудования

Расчет теплового баланса проводится для оборудования, которое работает при нагревании или охлаждении.

Исходные данные для расчета теплового баланса:

- теплоемкости реагентов;
- расход реагента по рецептуре;

- начальная и конечная температуры процесса;
- температура реагентов;
- потери тепла;
- состав азеотропа.

Задачами теплового расчета являются:

- определение расходов тепла;
- определение поверхности теплообмена аппарата;
- расчет необходимого количества теплоносителей и охлаждающих агентов.

Схема теплового баланса изображена на рис. П2.

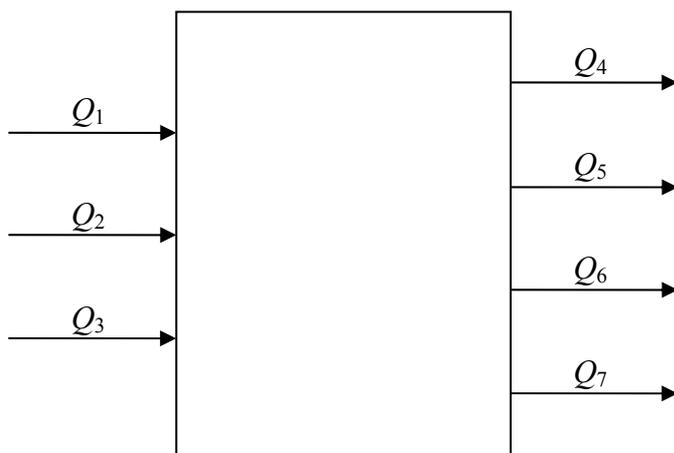


Рис. П2. Схема тепловых потоков:

- Q_1 – тепло, расходуемое на обогрев компонентов до температуры реакции;
- Q_2 – тепло, вносимое реагентами;
- Q_3 – тепло, выделяющееся в результате реакции;
- Q_4 – тепло идущее на охлаждение реакционной массы;
- Q_5 – тепло, идущее на образование продукта реакции и уносимое им;
- Q_6 – тепло, идущее на удаление побочного продукта;
- Q_7 – потери тепла

Уравнение теплового баланса реактора для синтеза пентафталевой смолы имеет следующий вид:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7. \quad (\text{П18})$$

Расчет тепла, идущего на обогрев компонентов (Q_1 , кДж), производится по формуле:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (t_k - t_n), \quad (\text{П19})$$

где m – масса реагента, кг; c – теплоемкость, кДж/кг·К; t_k и t_n – конечная и начальная температуры соответственно, К.

$m_{\text{масло}}$	= 196 кг;	$c_{\text{масло}}$	= 1,75 кДж/кг·К;
$m_{\text{канифоль}}$	= 44 кг;	$c_{\text{канифоль}}$	= 2,25 кДж/кг·К;
$m_{\text{глицерин}}$	= 67 кг;	$c_{\text{глицерин}}$	= 2,80 кДж/кг·К;
$m_{\text{фтал. анг-д}}$	= 109 кг;	$c_{\text{фтал. анг-д}}$	= 1,46 кДж/кг·К;
$m_{\text{ксилол}}$	= 6 кг.	$c_{\text{ксилол}}$	= 1,60 кДж/кг·К.

Расход реагентов на 1 т смолы берется из материального баланса.

Тогда по формуле (П19) получаем:

$$Q_1 = 196 \cdot 1,75 \cdot (523 - 293) + 44 \cdot 2,25 \cdot (523 - 293) + 67 \cdot 2,8 \cdot (523 - 293) + 109 \cdot 1,46 \cdot (523 - 414) + 6 \cdot 1,6 \cdot (523 - 293) = 164\,362 \text{ кДж.}$$

Тепло, вносимое реагентами (Q_2 , кДж), рассчитывается по формуле

$$Q_2 = m \cdot c \cdot t_n. \quad (\text{П20})$$

Тогда в соответствии с формулой (П20) и материальным балансом получаем:

$$Q_2 = 196 \cdot 1,75 \cdot 293 + 44 \cdot 2,25 \cdot 293 + 67 \cdot 2,8 \cdot 293 + 109 \cdot 1,46 \cdot 414 + 6 \cdot 1,6 \cdot 293 = 253\,170 \text{ кДж}$$

Тепло, выделяющееся в результате реакции поликонденсации (Q_3 , кДж), рассчитывается по формуле:

$$Q_3 = \Delta H \cdot G, \quad (\text{П21})$$

где ΔH – тепловой эффект реакции ($\Delta H = 17$ кДж/моль); G – количество смолы, моль, которое рассчитывается по формуле:

$$G = \frac{m}{M}, \quad (\text{П22})$$

где M – молекулярная масса продукта, кг/кмоль.

Из материального баланса следует, что $m = 422$ кг, $M = 3750$ кг/кмоль, тогда

$$G = \frac{422}{3750} = 0,11 \text{ кмоль.}$$

Тогда по формуле (П21)

$$Q_3 = 17 \cdot 0,11 \cdot 1000 = 1870 \text{ кДж.}$$

Тепло, идущее на охлаждение реакционной смеси (Q_4 , кДж), вычисляется по формуле (П19):

$$Q_4 = 196 \cdot 1,75 \cdot (523 - 463) + \\ + 44 \cdot 2,25 \cdot (523 - 463) + 67 \cdot 2,8 \cdot (523 - 463) + \\ + 109 \cdot 1,46 \cdot (523 - 453) = 48\,916 \text{ кДж}$$

На основании заводских данных тепло, идущее на образование продукта и уносимое им (Q_5 , кДж), равно:

$$Q_5 = 238\,416 \text{ кДж.}$$

Теплота, идущая на испарение азеотропной смеси ксилола и воды (Q_6 , кДж), рассчитывается по формуле:

$$Q_6 = (x_1 \cdot r_1 + x_2 \cdot r_2) \cdot m_c, \quad (\text{П23})$$

где x_1, x_2 – массовые доли компонентов азеотропа (ксилола – $x_1 = 0,35$, воды – $x_2 = 0,65$); r_1, r_2 – теплоты парообразования, кДж/кг (ксилола – $r_1 = 252$ кДж/кг, воды – $r_2 = 1822,8$ кДж/кг); m_c – масса смеси, кг.

На основании формулы (П23) получаем:

$$Q_6 = (0,35 \cdot 252 + 0,65 \cdot 1822,8) \cdot 88 = 112\,026 \text{ кДж.}$$

В результате получаем:

$$Q_{\text{прихода}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = \\ = 164\,362 + 253\,170 + 1870 = 419\,402 \text{ кДж.}$$

Теплота потерь (Q_7 , кДж), в соответствии с заводскими данными, равна 5,5% от $Q_{\text{прихода}}$.

$$Q_7 = 419\,402 \cdot 0,055 = 23\,067 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{расхода}} = Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = \\ = 48\,916 + 238\,416 + 112\,026 + 23\,067 = 422\,424 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{расхода}} \approx Q_{\text{прихода}} = 422\,424 \text{ кДж.}$$

Б.3. Пример расчета материального баланса линии окраски

На рис. П3 представлена схема материальных потоков линии окраски. В табл. П6 представлены нормы расхода лакокрасочных материалов и вспомогательных веществ. Расчет материального баланса проводится на 1 м^2 поверхности изделия.

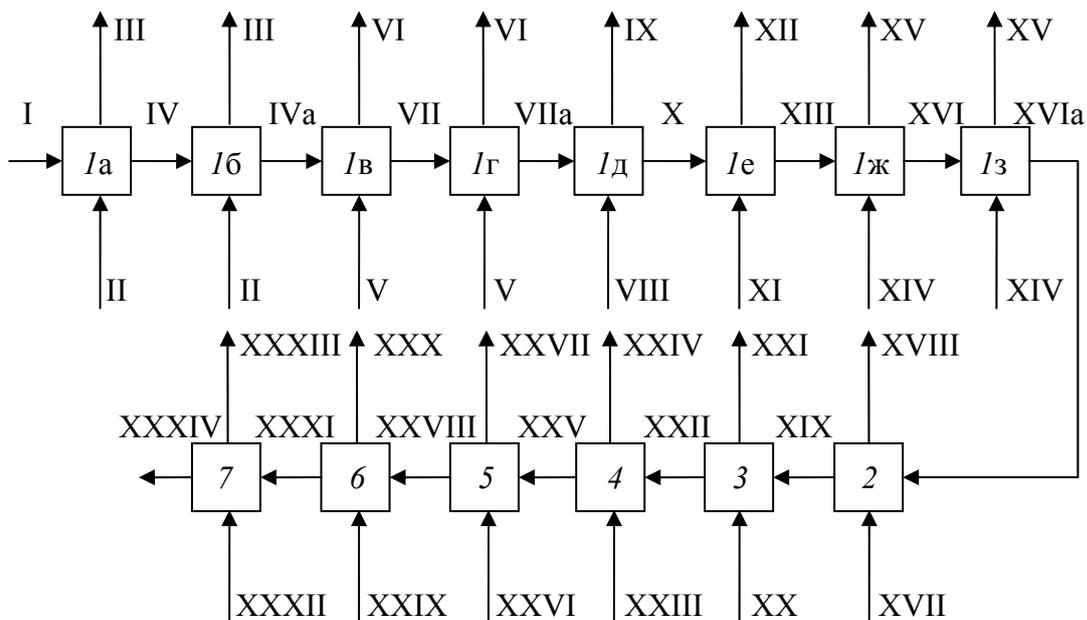


Рис. ПЗ. Схема материальных потоков линии окраски:

Ia–z – ванны агрегата подготовки поверхности;

2, 4, 7 – сушильные камеры; 3 – камера нанесения грунтовок;

5 – камера нанесения диплозоля; 6 – камера нанесения эмали;

I–XXXIV – потоки

Наименование потоков:

I – изделие на окраску;

II – раствор для обезжиривания;

III – сток после обезжиривания;

IV, IVa – изделие после первого и второго обезжиривания соответственно;

V – промывочная вода;

VI – вода после промывки;

VII, VIIa – изделие после первой и второй промывки соответственно;

VIII – раствор для фосфатирования;

IX – сток после фосфатирования;

X – изделие после фосфатирования;

XI – промывочная вода;

XII – вода после промывки;

XIII – изделие после промывки;

XIV – раствор для пассивирования;

XV – сток после пассивирования;

XVI, XVIa – изделие после первого и второго пассивирования соответственно;

- XVII – горячий воздух;
- XVIII – отходящие газы;
- XIX – изделие после сушки;
- XX – смесь воздуха с грунтовкой (в аэрозольном состоянии);
- XXI – воздух с парами растворителя;
- XXII – изделие после грунтования;
- XXIII – горячий воздух;
- XXIV – отходящие газы;
- XXV – изделие после сушки;
- XXVI – смесь воздуха с диплозолом (в аэрозольном состоянии);
- XXVII – воздух с парами растворителя;
- XXVIII – изделие после нанесения диплозоля;
- XXIX – смесь воздуха с эмалью (в аэрозольном состоянии с добавкой разбавителя и ускорителя сушки);
- XXX – воздух с парами растворителя;
- XXXI – изделие после нанесения эмали;
- XXXII – горячий воздух;
- XXXIII – отходящие газы;
- XXXIV – окрашенное изделие.

Таблица П6

Нормы расхода сырья и материалов на 1 м² поверхности изделия

Наименование вещества и материала	Норма расхода, кг
Обезжиривающий раствор	0,032
Промывочная вода	0,455
Фосфатирующий раствор	0,055
Пассивирующий раствор	0,002
Горячий воздух	40
Грунтовка ЭП-0228	0,504
Сжатый воздух	15
Диплозоль Д-11А	0,456
Эмаль МЛ-12	0,864
Разбавитель Р-197	1,2
Ускоритель сушки	0,08

Характеристика лакокрасочных материалов, применяемых для получения покрытий:

– грунтовка ЭП-0228: норма расхода (НР) на 1 м² поверхности изделия – 0,504 кг (табл. П6). Концентрация сухого остатка (С_{сухого}) составляет 70% массы, тогда расход сухого остатка (РС) – $0,504 \cdot 0,7 = 0,353$ кг/м². Остальное (О) – $0,504 - 0,353 = 0,151$ кг/м² – летучие вещества;

– диплозоль Д-11А: $HP = 0,456 \text{ кг/м}^2$, $C_{\text{сухого}} = 85\% \text{ массы}$, $PC = 0,456 \cdot 0,85 = 0,388 \text{ кг/м}^2$, $O = 0,456 - 0,388 = 0,068 \text{ кг/м}^2$;

– эмаль МЛ-12: $HP = 0,864 \text{ кг/м}^2$, $C_{\text{сухого}} = 60\% \text{ массы}$, $PC = 0,864 \cdot 0,6 = 0,518 \text{ кг/м}^2$, $O = 0,864 - 0,518 = 0,346 \text{ кг/м}^2$.

Аппарат 1а: входящие потоки – I, II; выходящие потоки – III, IV. Поток I содержит жировые отложения, которые удаляются с поверхности изделий с помощью потока II (при первом обезжиривании удаляется 50% жиров, что составляет 70% от потока II (табл. П6), т. е. $0,032 \cdot 0,7 = 0,0224 \text{ кг/м}^2$) и переходят в поток III (т. е. $0,032 + 0,0224 = 0,0544 \text{ кг/м}^2$).

Аналогичным образом осуществляется расчет аппарата 1б. Поток IVа представляет собой изделие без жировых отложений, содержащее 5% обезжиривателя поверхности, что составляет $0,032 \cdot 0,05 = 0,0016 \text{ кг/м}^2$.

Аппараты 1в–г: осуществляется удаление остатков обезжиривающего раствора ($0,0016 \text{ кг/м}^2$) поверхности промывочной водой (потоки V), в результате которого образуются сточные воды, содержащие промывочную воду и остатки обезжиривателя (потоки VI).

Аппарат 1д: осуществляется фосфатирование поверхности изделий. Входящие потоки – VIIа, VIII (фосфатирующий раствор – $0,055 \text{ кг/м}^2$); выходящие потоки – IX (сток после фосфатирования за вычетом 10%-го остатка фосфатирующего раствора на изделии, т. е. $0,055 - (0,055 \cdot 0,1) = 0,0495 \text{ кг/м}^2$), X – изделие после фосфатирования, содержащее $0,0055 \text{ кг/м}^2$ (10%-й остаток) фосфатирующего раствора.

Аппарат 1е: осуществляется удаление остатков фосфатирующего раствора ($0,0055 \text{ кг/м}^2$) промывочной водой (поток XI). Поток XII – сточные воды, содержащие остаток фосфатирующего раствора ($0,0055 \text{ кг/м}^2$) и промывочную воду (поток XI).

Аппараты 1ж–з: осуществляется пассивирование поверхности с помощью пассивирующего раствора (потоки XIV). Поток XV представляет собой сток после пассивирования за вычетом 15% пассивирующего раствора ($0,002 \cdot 0,15 = 0,0003 \text{ кг/м}^2$), который остается на изделии (поток XVIа).

Аппарат 2: осуществляется удаление остатков пассиватора ($0,0003 \text{ кг/м}^2$) горячим воздухом (поток XVII). В результате поток XVIII представляет собой сумму потоков поступающего на сушку горячего воздуха (40 кг/м^2) (табл. П6) и удаляемого остатка пассиватора ($0,0003 \text{ кг/м}^2$).

Аппарат 3: осуществляется грунтовка. Поток XIX представляет собой изделие, поступающее в камеру. Поток XX – это смесь воздуха с грунтовкой ЭП-0228 (согласно табл. П6 норма расхода грунтовки – $0,504 \text{ кг/м}^2$, норма расхода сжатого воздуха – 15 кг/м^2 , следовательно, поток XX = $0,504 + 15 = 15,504 \text{ кг/м}^2$). Поток XXI представляет собой воздух, входящий в смесь с грунтовкой, и равен 15 кг/м^2 . Поток XXII – изделие с нанесенным слоем грунтовки, поступающее в сушилку (аппарат 4).

Аппарат 4: осуществляется удаление летучей части грунтовки ($O = 0,151 \text{ кг/м}^2$) горячим воздухом (поток XXIII). В результате поток XXIV содержит воздух, подаваемый на сушку (поток XXIII) и летучую часть грунтовки ($0,151 \text{ кг/м}^2$). Поток XXV – изделие, поступающее в камеру нанесения диплозоля (аппарат 5) и содержащее сухой остаток грунтовки ЭП-0228 ($C_{\text{сухого}} = 0,353 \text{ кг/м}^2$).

Аппарат 5: осуществляется нанесение диплозоля Д-11А, который поступает в виде смеси со сжатым воздухом – поток XXVI (согласно табл. П6, поток XXVI = $15 + 0,456 = 15,456 \text{ кг/м}^2$). Поток XXVII – сжатый воздух, поступающий на окрашивание вместе с диплозольем (15 кг/м^2). Поток XXVIII – изделие, поступающее в камеру нанесения эмали МЛ-12 (аппарат 6) после грунтования и шумоизоляции.

Аппарат 6: осуществляется нанесение эмали. Поток XXIX представляет собой смесь лакокрасочного материала (эмали), сжатого воздуха, разбавителя Р-197, ускорителя сушки, сухого остатка грунтовки и диплозоля. Согласно табл. П6, поток XXIX = $0,864 \cdot 2 + 15 + 1,2 + 0,08 + 0,353 + 0,456 = 18,817 \text{ кг/м}^2$. Норма расхода эмали берется двойной, так как нанесение осуществляется способом «мокрый по мокрому». Поток XXX – сжатый воздух, подаваемый на окраску (15 кг/м^2).

Аппарат 7: осуществляется сушка. Поток XXXI – изделие, содержащее двойной слой эмали, разбавитель и ускоритель сушки. Процесс сушки осуществляется горячим воздухом (поток XXXII). В результате в выходящий поток XXXIII переходят: летучая часть эмали МЛ-12 ($0,346 \cdot 2 = 0,692 \text{ кг/м}^2$), разбавитель Р-197 ($1,2 \text{ кг/м}^2$), ускоритель сушки ($0,08 \text{ кг/м}^2$), летучая часть диплозоля ($0,068 \text{ кг/м}^2$), воздух, подаваемый на сушку (40 кг/м^2). Поток XXXIV – окрашенное изделие, содержащее сухой остаток грунтовки ЭП-0228 ($0,353 \text{ кг/м}^2$), сухой остаток диплозоля Д-11А ($0,388 \text{ кг/м}^2$), сухой остаток эмали МЛ-12 ($0,518 \text{ кг/м}^2$).

Б.4. Пример расчета теплового баланса процесса сушки покрытия

Цель расчета – определить количество горячего воздуха, которое необходимо для испарения жидкости после окрашивания двумя слоями («мокрый по мокрому») эмали МЛ-12 в сушильной камере.

Расход сухого воздуха (L , кг/м²) определяется по формуле:

$$L = W \cdot l, \quad (\text{П24})$$

где W – производительность сушильной камеры по испаряемой жидкости потока ХХХШ, кг/м² (поток ХХХШ – летучая часть из материального баланса – 2,04 кг/м²); l – удельный расход сухого воздуха испаряемой жидкости, кг/кг, определяется по формуле:

$$l = \frac{1}{x_2 - x_0}, \quad (\text{П25})$$

где x_2, x_0 – конечное и начальное содержание жидкости в воздухе, кг, ($x_2 = 0,058$ кг, $x_0 = 0,008$ кг).

Подставив значения в формулы (П24) и (П25), получаем: $l = 20$; $L = 40,8$ кг/м². То есть для испарения жидкости с 1 м² изделия необходимо 40,8 кг горячего воздуха.

Б.5. Пример оформления и описания технологической схемы получения лакокрасочных покрытий

К поверхности изделий перед окраской предъявляются следующие требования: отсутствие заусенцев, острых краев (радиус меньше 0,3 мм), сварных брызг, наплывов пайки, прожогов, остатков флюса. Не допускается наличие толстых слоев консервационных смазок, масел и трудноудаляемых загрязнений, графитовых смазок, нагаров, шлифовальных и полировальных паст, продуктов коррозии и прочих окислов.

На рис. П4 представлена технологическая схема линии окраски.

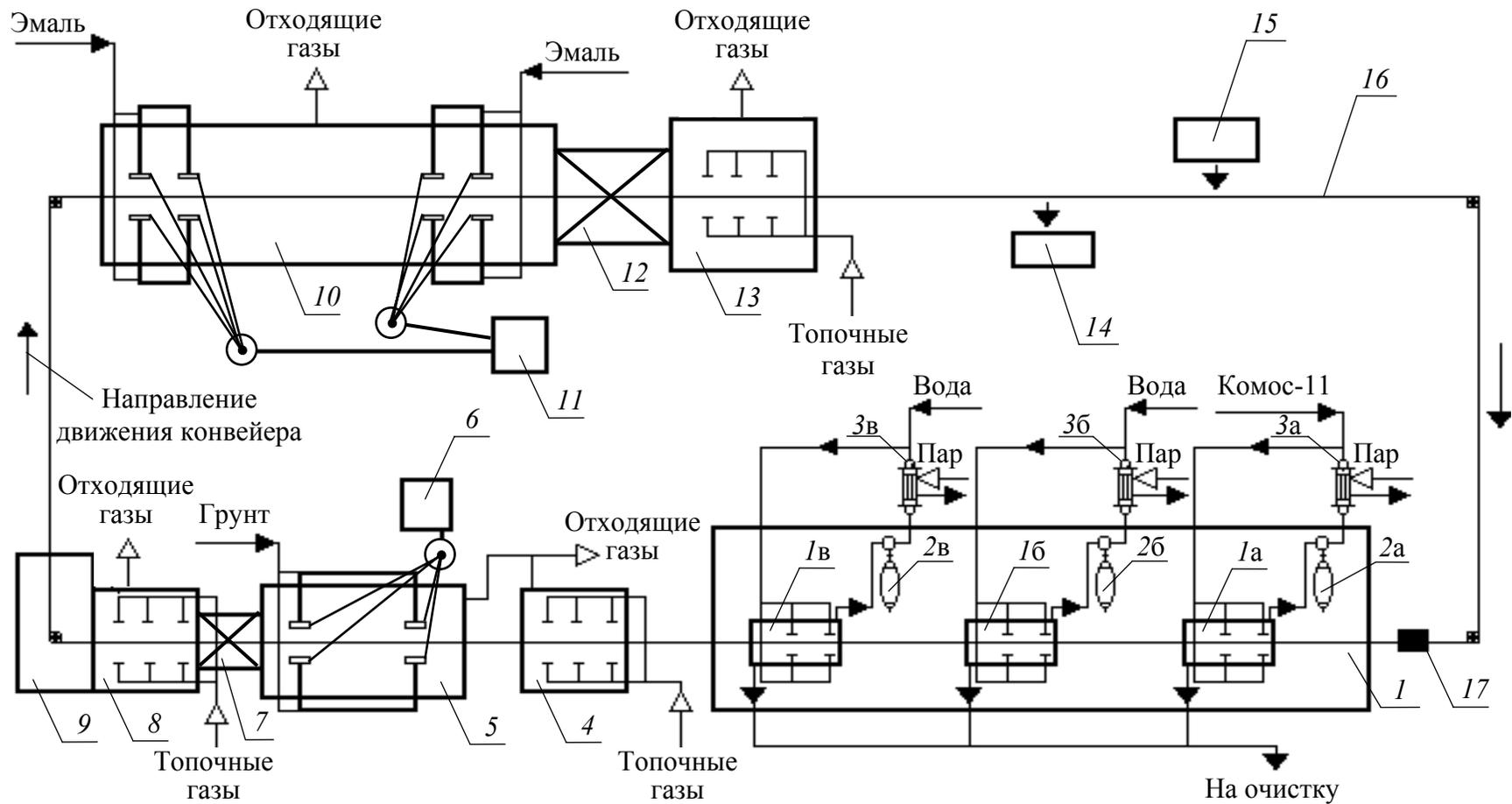


Рис. П4. Принципиальная технологическая схема линии окраски:

1 – агрегат подготовки поверхности; 1а-в – ванны; 2а-в – насосы; 3а-в – теплообменники; 4, 8, 13 – сушильные камеры; 5, 10 – окрасочные камеры; 6, 11 – источники высокого напряжения с распределяющим устройством; 7, 12 – шлюзы; 9 – тамбур; 14 – зона съема изделия; 15 – зона навески изделия; 16 – конвейер; 17 – навеска изделия

Подготовка поверхности изделия перед окрашиванием включает в себя обезжиривание поверхности и двойную промывку.

Обезжиривание поверхности производится в ванне 1а трехзонного агрегата подготовки поверхности 1 с помощью раствора обезжиривателя поверхности «Комос-11» с концентрацией 5–8 кг/м³ и общей щелочностью 4,0–7,8 «точек». Подогрев раствора до температуры 55–65 °С осуществляется в теплообменнике 3а, перекачивание обезжиривателя поверхности – с помощью насоса 2а.

Первая промывка осуществляется водой в ванне 1б агрегата 1. Остаточная щелочность – 0,6–0,8 «точек», время промывки – 1,0–1,2 мин. Промывочная вода подогревается водяным паром в теплообменнике 3б, перекачивание воды осуществляется насосом 2б.

Вторая промывка осуществляется водой в ванне 1в агрегата 1. Остаточная щелочность – 0,5 «точек», время промывки – 1,0–1,2 мин. Промывочная вода подогревается водяным паром в теплообменнике 3в, перекачивание воды осуществляется насосом 2в.

После промывки изделия (навеска 17) направляются в сушильную камеру 4, где в течение 4–5 мин при температуре 180 °С осуществляется процесс сушки.

Протирка (обязательна при наличии влаги на поверхности детали) осуществляется при наличии вторичного налета продуктов коррозии отходами хлопчатобумажных материалов, смоченными уайт-спиритом.

Грунтование проводится в камере 5. Также используется красконагнетательный бак СО-136, краскораспылитель ЗИЛ для ручного подкраски, источник высокого напряжения с распределяющим устройством 6. Для грунтования применяются грунтовка ЭП-0228 (белая), сжатый воздух. Загрунтовывают поверхности деталей методом электростатического распыления кроме внутренней поверхности деталей.

Сушка после камеры 5 осуществляется в сушильной камере 8 при температуре 180 °С в течение 4–10 мин (перед камерой 8 изделия проходят шлюз 7 для выравнивания температур). Охлаждение после сушильной камеры 8 осуществляется естественным образом при прохождении конвейера с навешенными изделиями через тамбур 9 в течение 3,0–3,5 мин при температуре цеха.

Далее осуществляется окрашивание в окрасочной камере 10. Используются: эмаль МЛ-12 различных цветов, разбавитель Р-197, ускоритель сушки. Изделие окрашивается двумя слоями эмали «мокрый по мокрому» кроме внутренней поверхности деталей.

Ускорители сушки добавляются в количестве 8–10% от массы неразведенной эмали МЛ-12. Выдержка проводится в шлюзе 12 при 15–30 °С в течение 3,0–3,5 мин. Сушка производится в сушильной камере 13 при 180 °С в течение 4–10 мин.

Охлаждение осуществляется естественным образом путем движения деталей по конвейеру 16 вплоть до их снятия в технологическую тару для окрашенных изделий 14. Изделия снимаются с конвейера вручную. Загрузка конвейера изделиями также осуществляется вручную из технологической тары 15.

Б.6. Материальные и тепловые расчеты технологического процесса окраски алюминиевого профиля порошковыми лакокрасочными материалами

Во время прохождения технологической или преддипломной практики при изучении технологической и технической документации студенты осуществляют сбор исходных данных для материальных и тепловых расчетов.

Б.6.1. Расчет материального баланса

На рис. П5 представлена схема материальных потоков линии окраски алюминиевого профиля порошковыми лакокрасочными материалами. В табл. П7 представлены нормы расхода основных и вспомогательных веществ на 1 м² поверхности изделия. Расчет материального баланса проводится на 1 м² окрашиваемой поверхности изделия.

Наименование потоков:

I – изделие на окраску;

II – раствор для обезжиривания;

III – сток после обезжиривания;

IV – изделие после обезжиривания;

V – промывочная вода;

VI – вода после промывки;

VII, VIIa – изделие после первой и второй промывки соответственно;

VIII – раствор для травления;

IX – сток после травления;

- X – изделие после травления;
- XI – промывочная вода;
- XII – вода после промывки;
- XIII, XIIIa – изделие после первой и второй промывки;
- XIV – промывочная деминерализованная вода;
- XV – деминерализованная вода после промывки;
- XVI, XVIa – изделие после первой и второй промывки деминерализованной водой соответственно;
- XVII – раствор для пассивирования;
- XVIII – сток после пассивирования;
- XIX – изделие после пассивирования;
- XX – горячий воздух;
- XXI – отходящие газы;
- XXII – изделие после сушки;
- XXIII – смесь воздуха с порошковым лакокрасочным материалом;
- XXIV – воздух с потерями порошкового лакокрасочного материала;
- XXV – изделие после нанесения порошкового лакокрасочного материала;
- XXVI – горячий воздух;
- XXVII – отходящие газы;
- XXVIII – окрашенное изделие.

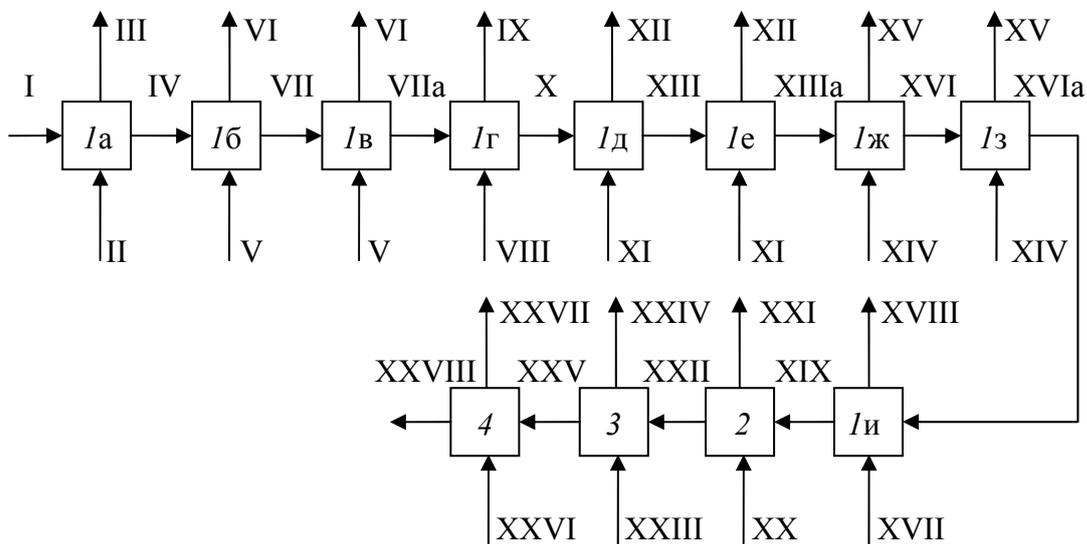


Рис. П15. Схема материальных потоков линии окраски:
 Iа-и – ванны агрегата подготовки поверхности; 2, 4 – сушильные камеры;
 3 – камера нанесения порошковых полимерных композиций;
 I–XXVII – потоки

Нормы расхода сырья и материалов на 1 м² поверхности изделия

Наименование вещества и материалов	Норма расхода, кг
Порошковый лакокрасочный материал	0,15
Раствор для обезжиривания поверхности	0,005
Раствор для травления поверхности	0,007
Промывочная вода	0,355
Раствор для пассивирования	0,0049
Горячий воздух	60
Сжатый воздух	25

Расход сухого остатка (РС, кг/м²) определяется по формуле:

$$РС = НР \cdot C_{\text{сухого}}, \quad (\text{П26})$$

где НР – норма расхода порошкового лакокрасочного материала на 1 м² поверхности профиля, кг/м² (табл. П7); $C_{\text{сухого}}$ – концентрация сухого остатка, кг/м² ($C_{\text{сухого}} = 0,968 \text{ кг/м}^2$).

$$РС = 0,15 \cdot 0,968 = 0,145 \text{ кг/м}^2.$$

Следовательно, количество летучих веществ (О, кг/м²):

$$О = НР - РС. \quad (\text{П27})$$

$$О = 0,15 - 0,145 = 0,005 \text{ кг/м}^2.$$

Аппарат *Ia*: входящие потоки – I, II; выходящие потоки – III, IV. Поток I содержит жировые отложения, которые удаляются с поверхности профиля с помощью потока II. Поток III представляет собой раствор для обезжиривания, содержащий жировые отложения. Их количество в потоке III (Π_{III} , кг/м²) рассчитывается по формуле (П28). Поток IV представляет собой изделие без жировых отложений, содержащее 5% обезжиривателя поверхности.

$$\Pi_{\text{III}} = НР_{\text{M11}} \cdot P_1, \quad (\text{П28})$$

где $НР_{\text{M11}}$ – норма расхода обезжиривателя поверхности, кг/м² (табл. П7); P_1 – содержание обезжиривателя поверхности в потоке III, % ($P_1 = 5\%$).

$$\Pi_{\text{III}} = 0,005 \cdot 0,05 = 0,00025 \text{ кг/м}^2.$$

Аппараты *Iб–в*: осуществляется удаление остатков обезжиривателя ($0,00025 \text{ кг/м}^2$) с поверхности промывочной водой (поток V), в результате которого образуются сточные воды, содержащие промывочную воду и остатки обезжиривателя (поток VI).

Аппарат *1г*: осуществляется травление поверхности профиля. Входящие потоки – VIIa (изделие после промывки), VIII (раствор травления). Выходящий поток – IX – сток после травления за вычетом 10%-го остатка раствора травления на профиле. Количество раствора травления в потоке IX (Π_{IX} , кг/м²) рассчитывается по формуле (П29). Поток X – изделие после травления, содержащее 0,00063 кг/м² раствора травления.

$$\Pi_{IX} = \text{НР}_{\text{ФС-2}} - \text{НР}_{\text{ФС-2}} \cdot P_2, \quad (\text{П29})$$

где $\text{НР}_{\text{ФС-2}}$ – норма расхода раствора травления, кг/м² (табл. П7); P_2 – остаток раствора травления на профиле, кг/м² ($P_2 = 10\%$).

$$\Pi_{IX} = 0,007 - 0,007 \cdot 0,1 = 0,0063 \text{ кг/м}^2.$$

Аппараты *1д–е*: осуществляется удаление остатков раствора травления (0,00063 кг/м²) промывочной водой (потоки XI). Потоки XII – сточные воды, содержащие остаток раствора травления (0,00063 кг/м²) и промывочную воду (потоки XI).

Аппараты *1ж–з*: осуществляется промывка деминерализованной водой (потоки XIV).

Аппарат *1и*: осуществляется пассивация поверхности профиля. Входящие потоки – XVIa, XVII (раствор бесхромовой пассивации). Представляет собой сток после пассивирования за вычетом 15% пассивирующего раствора ($0,0049 \cdot 0,15 = 0,000735$ кг/м²), который остается на изделии (поток XIX).

Аппарат 2: осуществляется удаление остатков пассиватора горячим воздухом (поток XX). Поток XXI представляет собой сумму потоков поступающего на сушку горячего воздуха (60 кг/м²) и удаляемого остатка пассиватора (0,000735 кг/м²).

Аппарат 3: осуществляется нанесение порошкового лакокрасочного материала, который поступает в виде смеси с воздухом – поток XXIII. Поток XXII представляет собой профиль, поступающий в камеру нанесения порошкового лакокрасочного материала. Количество порошкового лакокрасочного материала в смеси со сжатым воздухом (Π_{XXIII} , кг/м²) рассчитывается по формуле (П30). Поток XXIII представляет собой сжатый воздух в смеси с порошковым лакокрасочным материалом и равен 25 кг/м². Поток XXV – профиль с нанесенным слоем порошкового лакокрасочного материала, поступающего в сушилку.

$$\Pi_{XXIII} = \text{НР}_{\text{П}} + \text{НР}_{\text{СВ}}, \quad (\text{П30})$$

где $НР_{\Pi}$ – норма расхода порошкового лакокрасочного материала, $\text{кг}/\text{м}^2$ (табл. П7); $НР_{\text{СВ}}$ – норма расхода сжатого воздуха, $\text{кг}/\text{м}^2$ (табл. П7).

$$П_{\text{ХХIII}} = 0,15 + 25 = 25,15 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

Аппарат 4: осуществляется удаление летучей части порошкового лакокрасочного материала ($O = 0,005 \text{ кг}/\text{м}^2$) горячим воздухом (поток ХХVI). Поток ХХVII содержит воздух, подаваемый на сушку, и летучую часть порошкового лакокрасочного материала ($0,005 \text{ кг}/\text{м}^2$). В результате в выходной поток ХХVII переходят: летучая часть порошкового лакокрасочного материала ($0,005 \text{ кг}/\text{м}^2$) и воздух, подаваемый на сушку ($60 \text{ кг}/\text{м}^2$). Поток ХХVIII – окрашенное изделие, содержащее сухой остаток порошкового лакокрасочного материала ($0,145 \text{ кг}/\text{м}^2$).

Б.6.2. Расчет теплового баланса

Цель расчета – определить количество тепла, необходимое для получения покрытия из порошковой краски в сушильной камере.

Расход тепла определяется по формуле:

$$Q = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) \cdot k, \quad (\text{П31})$$

где Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 – расходы тепла соответственно на нагрев камеры, изделий и транспорта, лакокрасочного материала, свежего воздуха, $\text{кДж}/\text{ч}$; k – поправочный коэффициент, учитывающий потери тепла через неплотности ($k = 1,2$).

Расход тепла на нагрев камеры ($Q_1, \text{кДж}/\text{ч}$) определяется по формуле:

$$Q_1 = (F_1 \cdot k_1 + F_2 \cdot k_2 + F_3 \cdot k_3) \cdot (t_1 - t_2), \quad (\text{П32})$$

где F_1, F_2, F_3 – поверхности внешних ограждений (стен, потолка, перекрытий), м^2 ; k_1, k_2, k_3 – коэффициенты теплопередачи ограждений (стен, потолка, перекрытий), $\text{кДж}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$ ($k_1 = k_2 = k_3 = 5,1 \text{ кДж}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{К}$); t_1 – температура воздуха в камере отверждения, К ; t_2 – температура воздуха в цехе, К .

$$\begin{aligned} Q_1 &= (28,6 \cdot 5,1 + 20,9 \cdot 5,1 + 4,48 \cdot 5,1) \cdot (453 - 293) = \\ &= 44047,7 \text{ кДж}/\text{ч}. \end{aligned}$$

Расход тепла на нагрев изделий и транспорта ($Q_2, \text{кДж}/\text{ч}$) определяется по формуле:

$$Q_2 = G_{\text{изд}} \cdot c_{\text{изд}} \cdot (t_{2\text{изд}} - t_{1\text{изд}}) + G_{\text{тр}} \cdot c_{\text{тр}} \cdot (t_{2\text{тр}} - t_{1\text{тр}}), \quad (\text{П33})$$

где $G_{\text{изд}}$, $G_{\text{тр}}$ – производительность камеры отверждения по массе изделий и транспорта, кг/ч; $c_{\text{изд}}$, $c_{\text{тр}}$ – теплоемкость изделия и транспорта, кДж/кг·К ($c_{\text{изд}} = c_{\text{тр}} = 0,5$ кДж/кг·К); $t_{2\text{изд}}$, $t_{1\text{изд}}$ – температура изделий в камере и на входе в нее, К; $t_{2\text{тр}}$, $t_{1\text{тр}}$ – температура транспорта в камере и на входе в нее, К.

$$Q_2 = 32 \cdot 0,5 \cdot (453 - 293) + 45 \cdot 0,5 \cdot (453 - 293) = 6160 \text{ кДж/ч.}$$

Расход тепла на нагрев лакокрасочного материала (Q_3 , кДж/ч) определяется по формуле:

$$Q_3 = G_{\text{л}} \cdot c_{\text{л}} \cdot (t_{2\text{л}} - t_{1\text{л}}), \quad (\text{ПЗ4})$$

где $G_{\text{л}}$ – расход порошка, кг/ч; $c_{\text{л}}$ – теплоемкость порошка, кДж/кг·К ($c_{\text{л}} = 1,3$ кДж/кг·К); $t_{2\text{л}}$, $t_{1\text{л}}$ – температура порошка после и до прохождения камеры, К.

$$Q_3 = 3,045 \cdot 1,3 \cdot (453 - 293) = 663,36 \text{ кДж/ч.}$$

Расход тепла на нагрев свежего воздуха (Q_4 , кДж/ч) определяется по формуле:

$$Q_4 = G_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{2\text{в}} - t_{1\text{в}}), \quad (\text{ПЗ5})$$

где $G_{\text{в}}$ – расход воздуха, поступающего в камеру, кг/ч; $c_{\text{в}}$ – теплоемкость воздуха, кДж/кг·К; $t_{2\text{в}}$, $t_{1\text{в}}$ – температура воздуха после и до прохождения камеры, К.

$$Q_4 = 50 \cdot 1 \cdot (453 - 293) = 8000 \text{ кДж/ч.}$$

Подставим все значения Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 в формулу (ПЗ1).

$$Q = (44047,7 + 6160 + 663,36 + 8000) \cdot 1,2 = 70645,27 \text{ кДж/ч} = 19,6 \text{ кВт}$$

Б.7. Выбор и расчет основного технологического оборудования

Для окраски алюминиевого профиля используется окрасочная камера проходного типа непрерывного действия с нижним отсосом воздуха.

Пример оформления технологической схемы получения покрытий из порошковых лакокрасочных материалов представлен на рис. Пб.

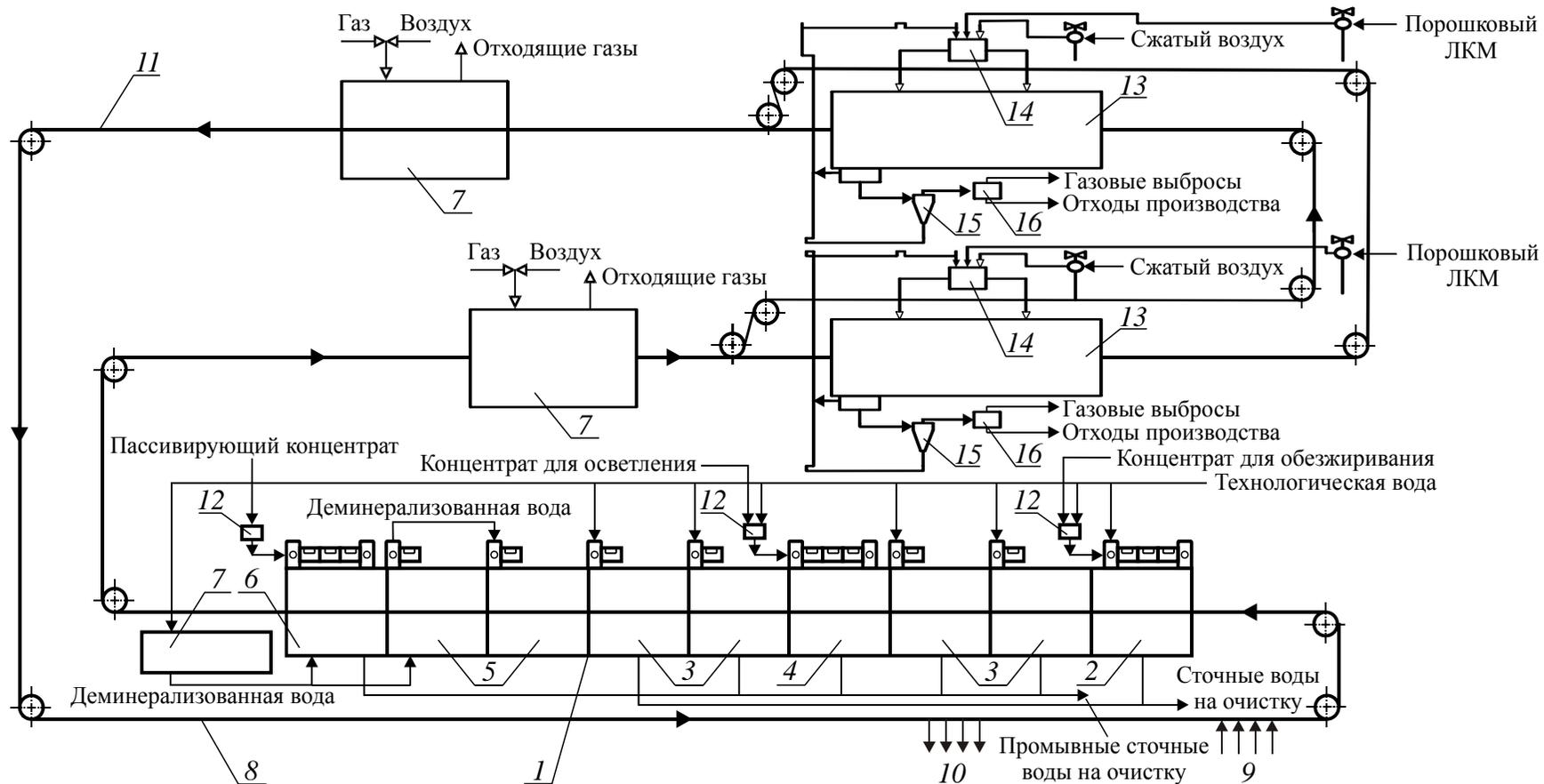


Рис. Пб. Технологическая схема получения покрытий из порошковых лакокрасочных материалов:

- 1 – агрегат подготовки поверхности; 2 – зона обезжиривания; 3 – зона промывки; 4 – зона травления;
 5 – зона пассивирования; 6 – установка деминерализации воды; 7 – сушильная камера; 8 – подвесной конвейер;
 9 – зона навески; 10 – зона съема; 11 – петля охлаждения; 12 – смеситель; 13 – автоматическая камера нанесения порошка;
 14 – емкость для порошкового лакокрасочного материала; 15 – циклон; 16 – электрофильтр

В объем технологического расчета камеры входит: определение габаритных размеров камеры; определение габаритных размеров проемов.

Б.7.1. Определение габаритных размеров камеры

Ширина камеры (B_k , мм) определяется по формуле:

$$B_k = B_{\text{изд}} + 2B_1 + 2B_2 + 2I_p, \quad (\text{П36})$$

где $B_{\text{изд}}$ – ширина изделия, мм (принимается $B_{\text{изд}} = 200$ мм); B_1 – расстояние между изделием и кромкой распылителя, мм (принимается $B_1 = 600$ мм); B_2 – расстояние между стенкой и токоведущими частями распылителя, мм (принимается $B_2 = 1200$ мм); I_p – длина части распылителя, находящегося под высоким напряжением, мм (принимается $I_p = 400$ мм).

Подставив значения в формулу (П36), получаем:

$$B_k = 200 + 2 \cdot 600 + 2 \cdot 1200 + 2 \cdot 400 = 4600 \text{ мм.}$$

Длина камеры (L_k , мм) определяется по формуле:

$$L_k = L_{\text{изд}} + 2L_1, \quad (\text{П37})$$

где $L_{\text{изд}}$ – максимальная длина изделий, мм (принимается $L_{\text{изд}} = 2300$ мм); L_1 – расстояние от изделия до транспортного проема, мм (принимается $L_1 = 2100$ мм).

Подставив значения в формулу (П37), получаем:

$$L_k = 2300 + 2 \cdot 2100 = 6500 \text{ мм.}$$

Высота камеры (H_k , мм) определяется по формуле:

$$H_k = H_{\text{изд}} + h + h_{\text{подв}}, \quad (\text{П38})$$

где $H_{\text{изд}}$ – высота изделия, мм (принимается $H_{\text{изд}} = 7500$ мм); h – расстояние от пола камеры до низа изделия, мм (принимается $h = 800$ мм); $h_{\text{подв}}$ – расстояние от верха изделия до потолка камеры, мм (принимается $h_{\text{подв}} = 700$ мм).

Подставив значения в формулу (П38), получаем:

$$H_k = 7500 + 800 + 700 = 9000 \text{ мм.}$$

Б.7.2. Определение габаритных размеров проемов

Ширина рабочего проема из условия удобства работы в камере принимается $B_{\text{р.пр.}} = 1200$ мм.

Высота рабочего проема ($H_{\text{р.пр.}}$, мм) определяется по формуле:

$$H_{р.пр.} = H_{изд} + h + (400 \div 500), \quad (П39)$$

где $H_{изд}$ – максимальная высота изделия, мм (принимаяем $H_{изд} = 7500$ мм).

Подставив значения в формулу (П39), получаем:

$$H_{р.пр.} = 7500 + 800 + 400 = 8700 \text{ мм.}$$

Ширина транспортного проема ($B_{тр.пр.}$, мм) для ввода и вывода изделий определяется по формуле:

$$B_{тр.пр.} = B_{изд} + 2B_3, \quad (П40)$$

где B_3 – расстояние между изделием и проемом, мм (принимаяем $B_3 = 200$ мм).

Подставив значения в формулу (П40), получаем:

$$B_{тр.пр.} = 200 + 2 \cdot 200 = 600 \text{ мм.}$$

Высота транспортного проема ($H_{тр.пр.}$, мм) определяется по формуле:

$$H_{тр.пр.} = H_{изд} + 2h_3, \quad (П41)$$

где h_3 – расстояние между изделием и верхней и нижней мертвых точек движения распылителей, мм (принимаяем $h_3 = 100$ мм).

Подставив значения в формулу (П41), получаем:

$$H_{тр.пр.} = 7500 + 2 \cdot 100 = 7700 \text{ мм.}$$

Конструктивно высота транспортного проема принимается равной высоте камеры.

Б.7.3. Определение объема удаляемого из камеры воздуха

Объем воздуха, удаляемого за 1 ч из камеры (Q , м³/ч), определяется по формуле:

$$Q = F \cdot \omega \cdot 3600, \quad (П42)$$

где F – площадь сечения проемов, м² (площадь сечения проемов определяется с учетом перекрытия их изделием); ω – скорость движения воздуха в открытых проемах, м/с (при нанесении порошка рекомендуемая скорость – 0,3–0,5 м/с).

Примем, что изделия перекрывают площадь на 37%, тогда площадь поперечного сечения без учета перекрытия изделием составит:

$$F = 2 \cdot (0,37 \cdot H_{тр.пр.} \cdot B_{тр.пр.}), \quad (П43)$$

Подставив значения в формулу (П40), получаем:

$$F = 2 \cdot (0,37 \cdot 9 \cdot 0,6) = 3,996 \text{ м}^2.$$

Подставив значения в формулу (П39), получаем:

$$Q = 3,996 \cdot 0,3 \cdot 3600 = 4315,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Выбираем вентилятор по каталогу. Напор – 234 мм. в. ст., поэтому выбираем центробежный вентилятор марки Ц1-8500 с частотой вращения $46,7 \text{ с}^{-1}$, коэффициентом полезного действия 0,71 и производительностью 8496 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Мощность, потребляемая электродвигателем вентилятора ($N_{\text{п}}$, кВт), определяется по формуле:

$$N_{\text{п}} = \frac{Q \cdot H}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{п}}}, \quad (\text{П44})$$

где Q – производительность вентилятора, $\text{м}^3/\text{ч}$; H – напор вентилятора, мм в. ст.; $\eta_{\text{в}}$ – коэффициент полезного действия вентилятора; $\eta_{\text{п}}$ – коэффициент полезного действия электродвигателя.

$$N_{\text{п}} = \frac{8496 \cdot 234}{3600 \cdot 102 \cdot 0,71 \cdot 0,87} = 8,76 \text{ кВт}.$$

Установленная мощность электродвигателя с коэффициентом запаса 1,15 составит 9,36 кВт. По таблицам выбираем электродвигатель во взрывобезопасном исполнении типа ВАО-51-2 со следующей технической характеристикой:

- мощность – 10 кВт;
- передача – клиноременная;
- $\eta_{\text{дв}} = 0,87$.

Таким образом, выбираем окрасочную камеру со следующими характеристиками:

- длина $L_{\text{к}} = 6500$ мм;
- ширина $B_{\text{к}} = 4600$ мм;
- высота $H_{\text{к}} = 9000$ мм;
- ширина транспортного проема $B_{\text{тр.пр.}} = 600$ мм;
- объем удаляемого воздуха $Q = 4316 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Б.7.4. Выбор числа распылителей и дозирующих устройств

Число распылителей, устанавливаемых в камере (n , шт.), определяется исходя из их производительности и норматива расхода порошкового лакокрасочного материала для соответствующей группы сложности изделий по формуле:

$$n = \frac{S_0 \cdot N}{\pi \cdot l \cdot P}, \quad (\text{П45})$$

где S_0 – окрашиваемая поверхность, м²/мин; N – норматив расхода порошкового лакокрасочного материала, г/м²; l – длина коронирующей кромки, см; P – удельный расход порошкового лакокрасочного материала на 1 см коронирующей кромки, г/см·мин, по паспорту распылителя.

$$n = \frac{2,02 \cdot 110}{3,14 \cdot 1,8 \cdot 2} = 20 \text{ шт.}$$

Для 20 распылителей принимаются 20 дозирующих устройств, состоящих из емкости порошкового флюида, инжекторов и шлангов.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРЕДЕЛЫ И ОБЛАСТИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Таблица П8

Пределы и области воспламенения растворителей

Наименование	Температура, °С		Предел воспламенения				Температурный предел воспламенения, °С	
	вспышки	самовоспламенения	в % объема		по массе, мг/м ³		нижний	верхний
			нижний	верхний	нижний	верхний		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ацетон	-18	465	2,20	13,0	52,0	310	-20	+16
Бензол	-11	540	1,40	7,1	45,0	230	-14	+13
Бутилацетат	+29	450	2,30	14,6	108,0	697	+13	+48
Бутанол	+34	410	1,50	7,9	46,0	231	+31	+60
Изобутанол	+28	390	5,90	7,3	–	–	+26	+50
Ксилол	+29	590	1,00	4,5	39,0	195	+24	+50
Метанол	+8	464	6,00	34,7	92,0	470	+7	+39
Метилэтилкетон	-6	514	2,00	10,0	59,0	300	–	–
Скипидар	+34	300	0,80	–	45,0	–	+32	+53

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сольвент	+34	520	–	–	–	–	+27	+56
Стирол	+30	530	1,10	5,2	–	–	+26	+59
Пропанол	+23	370	2,00	13,5	50,0	332	+20	+53
Изопропанол	+14	400	2,00	12,0	50,0	280	+5	+37
<i>Растворители</i>								
№ 645	+2	424	1,83	–	55,7	–	–2	+27
№ 646	+7	403	1,87	–	60,2	–	–9	+16
№ 647	+5	424	1,61	–	52,6	–	+4	+83
№ 648	+13	388	1,65	–	57,5	–	+10	+40
№ 649	+25	383	1,76	–	57,5	–	+22	+50
№ 651	+29	247	–	–	46,2	–	+27	+50
P-5	–1	497	1,83	–	59,6	–	–3	+24
РКБ-2	+34	346	1,79	–	45,7	–	+30	+55
РС-2	+30	382	–	–	46,7	–	+28	+53
Толуол	+4	536	1,30	6,7	49,0	250	0	+30
Уайт-спирит	+35	270	1,40	74,0	–	–	+35	+68
Циклогексанон	+40	495	0,90	3,7	37,0	138	+31	+57
Этилацетат	+2	400	3,60	16,8	128,0	605	+1	+31
Этанол	+13	404	3,60	19,0	68,0	340	+11	+41
Этилцеллозольв	+43	250	2,60	15,7	–	–	+36	+63

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

МАРОЧНЫЙ АССОРТИМЕНТ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Таблица П9

Атмосферостойкие лакокрасочные материалы

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ПФ-1126	ТУ 6-10-1540-76	Разных цветов	Пентафталевая смола	25–32	8	18–22	Сольвент, ксилол	Смесь сольвента и ксилола	63–111	11–18	Защита пассажирского транспорта, а также стальных конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях

Продолжение табл. П9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль УРФ-1128	ТУ 6-10- 1421-76	Разных цветов	Уралкид	18–20	6	18–22 80	Сольвент, уайт- спирит, ксилол	Смесь сольвента, уайт- спирита, ксилола	102–181	40–72	Защита железнодорожных вагонов, подвижного со- става городского пассажир- ского транспорта
Эмаль В-ПЭ-160	ТУ 24-73	Белый	Полиэфир	70–150 (исход- ная)	24	18–22	Вода	–	–	–	Защита металлических и деревянных поверхностей изделий, эксплуатируемых в атмосферных условиях и внутри помещения
Эмаль ЭП-1155	ТУ 6-10- 1504-75	Серый, белый, красно- корич- невый	Эпоксидный олигомер	18–20	24	18–22 80	Этилцел- лозольв	–	–	–	Защита стальных конструк- ций и мостовых ферм, экс- плуатируемых в атмосфер- ных условиях и водной среде
Эмаль ЭП-789	ТУ 6-10- 1101-77	Зеленый	Эпоксифе- нольный лак	14–15	1,5 1,0	130 180	Р-14	Смесь цик- логексанона с толуолом	120–205	35–75	Защита конструкционных материалов из нержавеющей стали, алюминия, титановых сплавов, эксплуатируемых в условиях мор- ского климата
Эмаль ХС-527	ТУ 6-10- 710-74	Белый, красный, черный	Сополимер винилхлори- да с винил- ацетатом	20–25	1	18–22	Р-4	–	–	–	Защита надводной части корпуса и надстроек мор- ских судов

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ЭП-51	ГОСТ 9640-85	Разных цветов	Нитрат целлю- лозы, алкидно- эпоксидная смола	18–20	3 1,5	18–2 80	№ 648	–	–	–	Защита металлических изделий от коррозии в атмосферных условиях и внутри помещения
Эмаль КЧ-172	ТУ 6-10- 819-79	Разных цветов	Хлоркаучук	15–17	0,3 (от пыли)	20	Ксилол или РКЧ	–	–	–	Окраска загрунтован- ных металлических по- верхностей изделий, эксплуатируемых в ат- мосферных условиях
Эмаль ЭФ-1144	ТУ 6-10- 1419-74	Корич- невый, зеленый	Эпоксифиры	75–80	24	18–23	Ксилол	–	–	–	Защита поверхности па- луб судов
Эмаль ПФ-115	ГОСТ 6465-76	Разных цветов	Пентафталева смола	25–30	48 1	18–22 105–110	Сольвент, уайт-спирит, скипидар	–	63–111	11–18	Защита металлических и других поверхностей, подвергающихся атмо- сферным воздействиям (вагоны, автобусы и др.)
Эмаль НЦ-132	ГОСТ 6465-76	Сереб- ристый	Нитрат целлю- лозы, глифтале- вая смола	18–20	3	18–22	№ 649	–	138–297	28–60	Защита деревянных и загрунтованных метал- лических поверхностей изделий, эксплуатируе- мых в атмосферных ус- ловиях и внутри поме- щения

Окончание табл. П9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ХС-416	ТУ 6-10- 13-18-75	Сереб- ристый	Сополимер винил- хлорида с винил- ацетатом	–	24	18–23	Цикло- гексанон	–	–	–	Защита изделий из легких сплавов
Лак БТ-123	ГОСТ Р 51691- 2000	Черный	Маслянобитумно- фенольная компо- зиция	26–28 (для окуна- ния)	0,8	200	Уайт- спирит, ксилол	–	–	–	Защита предварительно окрашенных металличе- ских изделий и деталей, эксплуатируемых в атмо- сферных условиях
Лак БТ-577	ГОСТ 5631-70	Черный	Битумы	18–23	24 0,3	18–22 100–110	Уайт- спирит, скипидар, сольвент, ксилол	–	–	–	Окраска металлических конструкций и изделий при их непродолжитель- ном хранении
Краска БТ-177	ГОСТ 5631-70	Сереб- ристый	Битумы	18–23	16 0,5	18–22 100–110	Уайт- спирит, скипидар, сольвент, ксилол	–	65–120	12–20	Окраска металлических конструкций и изделий, эксплуатируемых в атмо- сферных условиях
Эмаль АС-182	ГОСТ 19024-79	Разных цветов	Полиакрилаты	18–25	1,5	85–90	Уайт- спирит, сольвент	РЭ-12В, РЭ-13В	–	–	Окраска тракторов, сель- скохозяйственных машин, оборудования и металли- ческих изделий, эксплуа- тируемых в атмосферных условиях

Водостойкие лакокрасочные материалы

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лак УР-293	ТУ 6-0-1462-74	Бесцветный	Полиуретаны	16–19	0,7	18–23	Р-189	–	80–143	12–21	Защита бетонных и железобетонных сооружений от влаги
Лак УР-294	ТУ 6-0-1462-74	Бесцветный	Полиуретаны	16–19	0,5	18–23	Р-189	–	80–143	12–21	Защита бетонных и железобетонных сооружений от влаги
Лак ВН-728	ТУ 6-10-1251-72	Бесцветный	Полидивинилацетилен	18–20	8	18–20	Ксилол, сольвент	Скипидар, уайт-спирит	70–120	10–16	Защита металлических и деревянных деталей от воздействия холодной пресной и морской воды, растворов солей, щелочей, кислот, минерального масла
Эмаль ФЛ-777	ТУ 6-10-1524-75	Серебристый	Эпоксифенольный олигомер	20–25	24 2	18–22 60	РЭ-11	–	80–143	12–21	Защита внутренней поверхности емкостей от воздействия горячей воды

Окончание табл. П10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ВН-780	ТУ 6-10- 1298-77	Красно- коричне- вый	Полидивинил- ацетилен	15–30	8	18–20	Ксилол, сольвент	Скипидар, уайт-спирит	90–170	10–19	Защита металлических и деревянных деталей от воз- действия холодной пресной и морской воды, растворов солей, щелочей, кислот, ми- нерального масла
Эмаль ЭП-525	ГОСТ 22438-85	Темно- шаровый	Эпоксидный олигомер	12–15	24 2	18–22 50	Р-5	–	–	–	Защита деталей из углеро- да и нержавеющей стали, алюминиевых и титановых сплавов, предварительно окрашенных грунтовкой АК-070
Краска ЭП-72	ТУ 6-10- 807-76	Черный	Эпоксидный олигомер	50–80	16	18–23	Р-4	Смесь ксило- ла и бутило- вого спирта	–	–	Защита металлических кон- струкций, эксплуатируемых в морской и пресной воде, а также при высокой ско- рости обтекания водой
Лак баке- литовый ЛБС-1	ГОСТ 901-78	Серебри- стый	Фенолофор- мальдегидная смола	15–40	12 4–6 6	18–23 100 150	Толуол	Ксилол	80–143	12–21	Защита поверхности изде- лий, подвергающихся воз- действию горячей воды и минерального масла
Эмаль ФЛ-412	ТУ 6-10- 778-76	Серебри- стый	Фенолофор- мальдегидная смола	30–70	2	18–22	Этиловый спирт	–	153	13–23	Защита стальной аппарату- ры от воздействия горячей воды и пара до 200 °С

Маслостойкие лакокрасочные материалы

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ФЛ-61	ТУ 6-10-778-76	Разных цветов	Фенолоформальдегидная смола	30–70	2	18–22	Этиловый спирт гидролизный	–	86–153	13–23	Защита стальных и чугунных внутренних поверхностей деталей турбомеханизмов, насосов, баков и цистерн, оmyваемых маслом с температурой до 200 °С
Эмаль ФЛ-777	ТУ 6-10-1524-75	Серебристый, зеленовато-серебристый	Эпоксифенольный олигомер	20–25	24	18–22	РЭ-11	–	80–143	12–21	Защита внутренних поверхностей емкостей от воздействия нефтепродуктов, углеводородного конденсата, солевых растворов
Эмаль ВЛ-515	ТУ 6-10-1052-75	Красно-коричневый	Поливинилбутираль	16–22	1	18–22	Р-60	–	90–160	15–25	Защита стальных поверхностей от воздействия минеральных масел и нефтепродуктов

Окончание табл. П11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль МЛ-629	ТУ 6-10- 783-74	Красно- корич- невый	Меламинофор- мальдегидная и резилловая смолы	18–22	21	140	РКБ-1	Смесь бу- тилового спирта и ксилола (1:1)	80–143	12–21	Защита металлической тары и других емкостей, предна- значенных для хранения ма- сел и бензинов, содержащих до 40% ароматических угле- водородов при температуре от –50 до +50 °С
Эмаль ВЛ-725	ТУ 6-10- 866-75	Сереб- ристый	Меламинофор- мальдегидная и резилловая смолы	18–22	4	115– 120	РКБ-1	–	90–160	15–25	Защита магниевых, алюми- ниевых и стальных деталей, работающих при 60–70 °С в минеральном масле и бен- зине
Эмаль ВН-780	ТУ 6-10- 1298-77	Сереб- ристый	Полидивинил- ацетал	15–30	8	18–20	Ксилол, сольвент	Скипидар, уайт- спирит	80–143	12–21	Защита металлических по- верхностей от воздействия холодной воды, влаги и ми- нерального масла
Эмаль Б-ЭП-752	ТУ 6-10- 1386-73	Светло- корич- невый	Эпоксидный олигомер	–	24–36	20–23	Ацетон и этиловый спирт (1:1)	–	–	–	Защита металлических по- верхностей судовых поме- щений, подвергающихся воз- действию нефтепродуктов, морской и пресной воды

**Лакокрасочные материалы для окраски оборудования и изделий,
эксплуатируемых внутри помещения**

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленко- образующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневма- тическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориенти- ровочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжи- тельность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ГФ-230	ГОСТ 64-77	Разных цветов	Глифталевая смола	24–28	72	18–22	Уайт- спирит, скипидар	–	–	–	Окраска металлических и дере- вянных изделий, эксплуатируе- мых внутри помещения, внут- ренние отделочные работы
Эмаль ПФ-223	ГОСТ 14923-78	Разных цветов	Пентафтале- вая смола	22–25	4	75–80	Уайт- спирит, сольвент, ксилол	Смесь уайт- спирита, сольвента и ксилола	74–131	11–20	Окраска металлических и де- ревянных поверхностей, не подвергающихся атмосферным воздействиям, покрытие устой- чиво к изменению температу- ры от –40 до +60 °С
Эмаль МС-226	ГОСТ 12034-70	Белый, серый	Алкидно- стирольная смола	20–25	3	18–22	Ксилол или сольвент	–	–	–	Окраска металлических и де- ревянных поверхностей, не подвергающихся атмосферным воздействиям, покрытие устой- чиво к изменению температу- ры от –40 до +60 °С

Окончание табл. П11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ГФ-245	ГОСТ 5971-76	Серый	Глифталевая смола	25–30	2,5	80	Уайт-спирит, сольвент, ксилол	–	72–77	11–19	Окраска приборов и других металлических изделий
Краски водоэмуль- сионные (водораз- бавляемые)	ГОСТ 19214-73	Разных цветов	Поливинилаце- татная дисперсия или стролбута- диеновый латекс	30–40	–	20±2	Вода	–	–	–	Для работ внутри помещения, по картону и другим пористым материалам, загрунтованной поверхности металла, а также по старым покрытиям

Таблица П13

Лакокрасочные материалы, стойкие к действию кислот

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленко- образующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматиче- ском распылении, с	Режим сушки		Раство- ритель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжи- тельность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лако- красочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ХВ-785	ГОСТ 7313-75	Разных цветов	Перхлорви- нил	16–22	1	18–22	Р-4	–	120–257	48–103	Защита в комплексном многослой- ном покрытии поверхностей обо- рудования, металлических конст- рукций, а также железобетонных строительных конструкций, экс- плуатируемых внутри помещения, от воздействия агрессивных газов, кислот и растворов солей и щело- чей при температуре не выше 60 °С

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лак ХВ-784	ГОСТ 7313-75	По йодо- метричес- кой шкале: не более 7 мг йода	Сополимер винил- хлорида с винил- ацетатом	16–22	1	18–22	Р-4	–	102–218	41–87	Грунтование бетонных конст- рукций
Эмаль ХС-791	ГОСТ 23494-79	Красно- коричневый	Сополимер винил- хлорида с винил- ацетатом	35–46	2	18–23	Р-4	–	–	–	Защита металлической поверх- ности от постоянного воздей- ствия 20%-х растворов серной и соляной кислот при 18–23 °С
Эмаль ХС-759	ГОСТ 23494-79	Разных цветов	Сополимер винил- хлорида с винил- ацетатом	18–22	1	18–22	Р-4	–	174–374	41–87	Защита в комплексном много- слойном покрытии железно- дорожных цистерн, машин, аппаратов химических произ- водств, подвергающихся воз- действию кислых и щелочных сред и эксплуатирующихся в промышленной атмосфере
Лак ХС-724	ГОСТ 23494-79	Бесцветный, белый	Сополимер винил- хлорида с винил- ацетатом	18–22	2	18–23	Р-4	–	102–218	41–87	Защита от воздействия орга- нических кислот внутренних поверхностей металлических и железобетонных емкостей для хранения, обработки и транспортировки вин
Лак БТ-783	ГОСТ 1347-77	Черный	Битумно- масляная композиция	20–22	48	18–22	Уайт- спирит, сольвент каменно- угольный	Ксилол чистый каменно- угольный	–	–	Защита поверхности аккумуля- торов и их деталей от дей- ствия серной кислоты

Таблица П14

Лакокрасочные материалы стойкие к действию растворителей

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль ФЛ-787	ТУ 6-10-1199-71	Красно-коричневый	Фенолоформальдегидная смола	18–22	0,5	180	Сольвент, ксилол	–	90–160	15–25	Защита внутренней поверхности бензобаков от воздействия бензина
Эмаль ФА-5104	ТУ 6-10-926-70	Черный	Фенолоалкидная смола	20–22	0,6 48	90±2 18–22	Ксилол	–	–	–	Защита радиаторов и бензобаков
Эмаль ЭП-718	ТУ 6-10-649-75	Зеленый	Эпоксифенольный олигомер	26–30	0,4	200	Этилцеллозольв	–	–	–	Защита внутренней поверхности аппаратуры в производстве полиэтилена низкого давления
Эмаль ЭП-140	ГОСТ 24709-81	Разных цветов	Эпоксиднополиамидные смолы	12–16	6	18–23	Р-40, Р-5	–	110–195	16–29	Защита поверхностей магниевых, алюминиевых сплавов и сталей
Эмаль ХС-717	ГОСТ 23494-79	Серебристый	Сополимер винилхлорида с винилацетатом	25–35	2	18–22	Р-4	–	105–220	22–80	Защита грузовых танков и топливных цистерн, эксплуатируемых в условиях воздействия морской воды и нефтепродуктов

Лакокрасочные материалы, стойкие к действию щелочей

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-4 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лак ХС-76	ГОСТ 9355-90	Бесцветный	Сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом	14–16	3	18–22	Р-4	–	102–218	41–87	Защита оборудования и металлоконструкций, эксплуатируемых в щелочной среде при температуре до 60 °С
Эмаль ХС-710	ГОСТ 9355-90	Серый	Сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом	14–16	2	18–22	Р-4	–	136–292	55–117	Защита оборудования и металлоконструкций от воздействия щелочей при температуре до 60 °С
Эмаль ЭП-773	ГОСТ 23143-83	Зеленый, кремовый	Эпоксидный олигомер	15–16	2	120	№ 646	–	120–205	17–30	Защита металлических поверхностей, подвергающихся действию горячих растворов щелочей

Окончание табл. П15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Лак ЭП-741	ГОСТ 20824-81	Бесцветный	Эпоксидный олигомер	10–14	2	120	РС-1, РС-2, толуол	Смесь ацетона, этилцел- лозольва и ксилола (3:3:4)	80–143	12–21	Защита металлических фосфатированных по- верхностей от воздей- ствия щелочных сред
Лак ЭП-730	ГОСТ 20824-81	Светло- коричневый	Эпоксидный олигомер	10–12	1	150–160	Смесь ацетона, этилцел- лозольва и ксилола (3:3:4)	–	80–143	12–21	Защита алюминиевых и стальных бобин в про- изводстве полиамидной нити
Эмаль КЧ-728	ТУ 6-10- 590-75	Белый, серый	Циклокаучук	18–20	24	18–23	Уайт- спирит	–	110–195	16–29	Защита объектов, экс- плуатируемых в щелоч- ных средах
Эмаль КЧ-749 химически стойкая	ТУ 6-10- 590-75	Разных цветов	Хлоркаучук	15–20	10	18–22	Ксилол	РКЧ	91–162	14–24	Защита объектов, экс- плуатируемых в щелоч- ных средах

Электроизоляционные лакокрасочные материалы

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
Лак БТ-99	ГОСТ 8018-74	Черный	Битумы, растительное масло	20–25	3	18–22	Сольвент, ксилол, толуол	Сольвент, ксилол, толуол (1:1:1)	60–100	5–15	Защита обмоток электрических машин и аппаратов
Лак КФ-965	ГОСТ 15030-78	От светлого до коричневого	Полимеризованные масла	90	0,2	200–210	Уайт-спирит	–	–	–	Защита электротехнической стали
Эмаль ЭП-91	ГОСТ 15943-70	Темно-зеленый	Эпоксидный олигомер с добавлением мочевиноформальдегидной смолы	20–25	1,5	190±5	Этилцеллозольв	–	110–170	14–25	Защита радиодеталей и узлов от влаги
Эмаль ГФ-927	ТУ 6-10-662-75	Серый	Глифталевая смола	23–28	3	105–110	Сольвент, ксилол, толуол	Сольвент, ксилол, толуол (1:1:1)	70–130	10–20	Окраска металлической поверхности с целью противокоррозионной защиты и усиления диэлектрических свойств

**Лакокрасочные материалы,
стойкие к действию пониженных температур**

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
Эмаль АС-730	ТУ 6-10-949-75	Серебристый	Акриловая и меламиноформальдегидная смола	15–17	2	18–23	№ 648	–	100–200	35–80	Защита алюминиевых, латунных и стальных поверхностей от действия жидкого кислорода или азота и от воздействия температур от –186 до –193 °С
Эмаль МЛ-12	ГОСТ 9754-76	Оранжевый, желтый, красный	Меламиноалкидная смола	28–36	0,3	130–140	№ 651	Сольвент каменноугольный	–	–	Защита металлических поверхностей автомобилей и промышленных изделий от периодического изменения температуры до –40 °С

Термостойкие лакокрасочные материалы

Название и марка	ГОСТ, ТУ	Цвет	Пленкообразующая основа	Вязкость (рабочая) по ВЗ-246 при пневматическом распылении, с	Режим сушки		Растворитель		Ориентировочный расход, г/м ²		Назначение
					Продолжительность, ч	Температура, °С	Основной	Заменитель	Лакокрасочный материал	Растворитель	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль КО-81	ГОСТ 22564-77	Зеленый	Кремнийорганический полимер	13–17	3	220–230	Толуол	Ксилол	85–145	12–22	Защита стальных и керамических поверхностей, эксплуатируемых при температурах до 230 °С
Эмаль КО-83	ГОСТ 22564-77	Серебристый	Композиция кремнийорганического полимера, полибутиметакрилата и эпоксидного олигомера	13–15	2	170–180	Толуол	Ксилол	80–143	12–21	Защита металлических поверхностей, эксплуатируемых при кратковременном воздействии высокой температуры (до 400 °С)
Эмаль КО-84	ГОСТ 22564-77	Красный, синий, белый, черный	Кремнийорганический полимер с полибутилметакрилатом	12–13	3	18–23	Р-5	–	85–145	12–22	Защита фосфатированных стальных и анодированных алюминиевых поверхностей, подвергающихся воздействию температуры до 300 °С

Продолжение табл. П18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль КО-88	ГОСТ 15081-79	Серебристый	Композиция кремнийорганического полимера, полибутиметакрилата и эпоксидного олигомера	–	2	150	Толуол	–	80–143	12–21	Защита стальных изделий, длительно эксплуатируемых при температуре до 500 °С
Эмаль КО-811	ТУ 6-10-596-72	Красный, черный, зеленый	Кремнийорганический полимер	2–13	2	200	Р-5	–	85–145	12–22	Защита фосфатированных или опескоструенных стальных поверхностей, подвергающихся действию температуры до 400 °С
Эмаль КО-813	ГОСТ 11066-74	Серебристый	Кремнийорганический полимер	–	2	150	Р-5	–	–	–	Защита металлических изделий, длительно эксплуатируемых при температуре до 500 °С
Эмаль КО-814	ГОСТ 11066-74	Серебристый	Кремнийорганический полимер	12–14	2	18–35	Р-5	–	80–143	12–21	Защита металлических изделий, длительно эксплуатируемых при температуре до 400 °С
Эмаль КО-818	ТУ 6-10-959-75	Черный	Кремнийорганический полимер	12–14	2	200	Р-5	–	–	–	Защита изделий, подвергающихся действию температуры до 600 °С
Эмаль КО-822	ТУ 6-10-848-75	Зеленый, желтый, коричневый, черный	Кремнийорганический полимер	16–20	2	18–23	РКБ-1	–	85–145	12–22	Защита деталей, эксплуатируемых при 300 °С

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эмаль КО-828	ТУ 6-10- 930-74	Серебрис- тый	Кремнийоргани- ческий полимер	15–16	0,5	130	Р-5	–	–	–	Защита фосфатированных и нефосфатированных деталей легковых автомо- билей из мягких сталей
Эмаль КО-834	ТУ 6-10- 1144-74	Разных цветов	Кремнийоргани- ческий полимер	18–25	24	18–23	Ксилол	–	80–145	12–22	Защита изделий из стали, латуни, алюминиевых и титановых сплавов, дли- тельно эксплуатируемых при температуре до 300 °С, перепадах температур (от –40 до +300 °С)
Лак КО-835	ГОСТ 11066-74	По йодо- метричес- кой шкале: не более 289 мг йода	Алкидно-стироль- ная, глифталевая и поливинилсило- ксановая смолы	15–22	0,3	160	Ксилол	–	102–218	41–87	Защита металлических поверхностей, подвергаю- щихся воздействию тем- пературы до 200 °С
Эмаль ГФ-820	ТУ 6-10- 982-75	Серебрис- тый	Глифталевая смола	20–32	2	150	РС-2	Уайт- спирит	80–143	12–21	Защита стальных алюми- ниевых и магниевых де- талей, подвергающихся воздействию температу- ры до 250 °С
Эмаль ПФ-837	ТУ 6-10- 1309-77	Серебрис- тый	Пентафталевая смола	10–17	1	150	Смесь уайт- спирита, сольвента и ксилола	–	80–143	12–21	Защита металлических поверхностей, подвергаю- щихся воздействию тем- пературы до 200–250 °С

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / под общ. ред. Ю. И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
2. Яковлев, А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А. Д. Яковлев. – СПб.: Химиздат, 2008. – 448 с.
3. Белов, С. В. Безопасность труда маляра / С. В. Белов, Т. Ф. Иванникова, Л. Л. Морозова. – М.: Машиностроение, 1991. – 88 с.
4. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротэклаус, П. Мишке. – М.: Пэйнт-Медиа, 2007. – 548 с.
5. Яковлев, А. Д. Оборудование для получения лакокрасочных покрытий / А. Д. Яковлев, В. Г. Евстигнеев, П. Г. Гисин. – Л.: Химия, 1982. – 192 с.
6. Дринберг, С. А. Растворители для лакокрасочных материалов: справочник / С. А. Дринберг, Э. Ф. Ицко. – СПб.: Химиздат, 2003. – 216 с.
7. Альбом оборудования окрасочных цехов / сост. С. И. Борисенко [и др.] – М.: Химия, 1975. – 320 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТИПЫ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	5
2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВ.....	6
3. РЕЖИМ РАБОТЫ И ФОНДЫ РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ.....	8
3.1. Нормативная численность основных и вспомогательных рабочих.....	12
3.2. Расчет количества рабочих мест и оборудования (на примере окрасочного производства).....	13
3.3. Расчет потребности в рабочей силе.....	18
4. МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	20
5. ОСНОВНЫЕ КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ.....	27
5.1. Технические требования, предъявляемые к помещениям окрасочных цехов и участков.....	36
5.2. Нормы размещения технологического оборудования окрасочного производства.....	38
5.3. Требования, предъявляемые к оборудованию получения покрытий.....	39
6. НОРМИРОВАНИЕ РАСХОДА СЫРЬЯ.....	41
6.1. Нормирование расхода сырья и материалов для синтеза пленкообразующих веществ и производства лакокрасочных материалов.....	41
6.2. Нормирование расхода лакокрасочных материалов при получении покрытий.....	41
6.3. Определение норм расхода лакокрасочных материалов на изделие.....	43
6.4. Методика расчета нормативов расхода лакокрасочных материалов.....	45
6.5. Нормирование расхода воды, пара, сжатого воздуха и электроэнергии.....	48

7. ВЕНТИЛЯЦИЯ.....	52
7.1. Расчет вентиляционных систем.....	54
8. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА.....	56
9. КАТЕГОРИИ ПРОИЗВОДСТВ ПО ВЗРЫВНОЙ, ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ.....	58
9.1. Требования по пожарной безопасности помещений.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Методика составления и расчета материаль- ных и тепловых балансов	60
А.1. Принципы составления материальных балансов	60
А.2. Принципы составления тепловых балансов.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Примеры расчетов.....	63
Б.1. Пример расчета материального баланса получения лака МЛ-92 азеотропным методом.....	63
Б.2. Пример расчета теплового баланса оборудования	68
Б.3. Пример расчета материального баланса линии окраски	71
Б.4. Пример расчета теплового баланса процесса сушки по- крытия	76
Б.5. Пример оформления и описания технологической схемы получения лакокрасочных покрытий	76
Б.6. Материальные и тепловые расчеты технологического про- цесса окраски алюминиевого профиля порошковыми лако- красочными материалами	79
Б.6.1. Расчет материального баланса.....	79
Б.6.2. Расчет теплового баланса	83
Б.7. Выбор и расчет основного технологического оборудования	84
Б.7.1. Определение габаритных размеров камеры	86
Б.7.2. Определение габаритных размеров проемов	86
Б.7.3. Определение объема удаляемого из камеры воздуха	87
Б.7.4. Выбор числа распылителей и дозирующих устройств	88
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Пределы и области воспламенения раство- рителей.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Марочный ассортимент лакокрасочных мате- риалов и области их применения.....	92
ЛИТЕРАТУРА	111

Учебное издание

Мануленко Александр Филиппович
Прокопчук Николай Романович

**ТЕХНОЛОГИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВ**

Учебно-методическое пособие

Редактор *П. В. Прохоровская*
Компьютерная верстка *П. В. Прохоровская*

Подписано в печать 04.11.2011. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 6,6. Уч.-изд. л. 6,8.
Тираж 150 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.